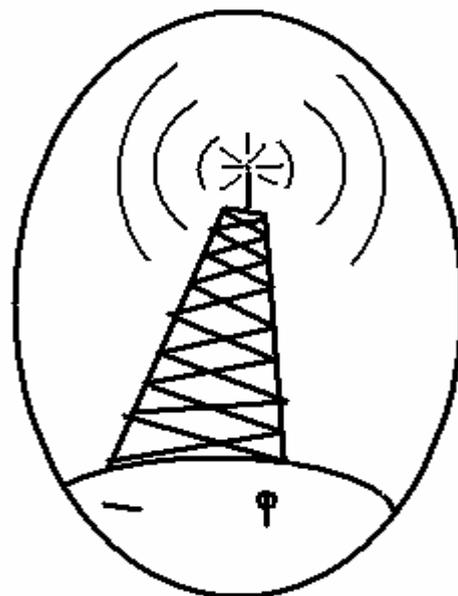


# PROYECTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RADIO COMUNITARIA EN EL CENTRO CULTURAL DE KOUDOUGOU

15 de Enero

# 2009

Para cubrir las necesidades educativas y sociales del pueblo de Koudougou en Burkina Faso se ha realizado un estudio sobre una radio comunitaria en la banda comercial FM. Este proyecto forma parte de un proyecto mayor el de la construcción de un centro cívico dirigido por la organización burkinabé no gubernamental "Lõniya".



**IOANNIS LUIS TSALAFOUTAS CODINA**  
Ingeniería Técnica de Telecomunicaciones

**Especialidad:** Sistemas Electrónicos  
**Convocatoria:** Enero 2009  
**Nº Registro:** 1772  
**Tutor:** Jordi Bonet Dalmau

## ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN .....	6
2	SITUACIÓN ACTUAL.....	9
2.1	Motivación inicial .....	9
2.2	País y situación geográfica .....	9
2.3	Contraparte .....	13
3	PRESENTACION DEL PROYECTO GENERAL.....	14
3.1	Objetivos del proyecto.....	14
3.2	Viabilidad del proyecto .....	14
3.2.1	Políticas de apoyo .....	14
3.2.2	Aspectos financieros y económicos.....	15
3.2.3	Aspectos socioculturales .....	15
3.2.4	Aspectos tecnológicos .....	16
3.3	Resultados esperados .....	17
3.4	Actividades.....	18
3.5	Beneficiarios .....	18
3.6	La tecnología FM .....	20
3.7	El plan de trabajo .....	21
3.8	Otros proyectos relacionados .....	23
4	PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO EN VERANO 2007 .....	25
4.1	Conociendo la contraparte .....	25
4.2	Los talleres de la tarde.....	26
4.2.1	Calidoscopio .....	27
4.2.2	El teléfono.....	27
4.2.3	El vacío, el agua y el vaso .....	28
4.2.4	La polea y la multiplicación de la fuerza .....	29
4.2.5	La brújula magnética, la tinta invisible y el centro de equilibrio ....	30
4.2.6	La cometa.....	30
4.2.7	Las máscaras de yeso.....	32
4.3	Cálculos y estudio de la zona de Koudougou .....	34
5	CONTINUACIÓN DEL PROYECTO EN VERANO 2008.....	36
6	CONCLUSION Y CONTINUACION EN EL FUTURO.....	38
7	PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS RF .....	40
7.1	Cálculos de dimensionado y propagación.....	40
7.1.1	dB y dBm .....	41
7.1.2	Pérdida en el trayecto (Path Loss).....	42
7.1.3	Cálculo de Enlace simplificado .....	43
7.1.4	Margen de Fading.....	44
7.1.5	La influencia de la Tierra .....	44
7.1.6	Propagación de ondas electromagnéticas en la atmosfera .....	46
7.2	RADIO FICTICIO DE LA TIERRA.....	52
7.3	LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN DE RF .....	52
7.3.1	Tipos de Cables.....	52
7.3.2	Tipos de conectores comunes .....	58
8	DIMENSIONADO PARTE RADIOFRECUENCIA .....	60
8.1	Ubicación de antena .....	60
8.1.1	Antena .....	60
8.1.2	Mástil .....	63
8.2	El equipo del transmisor y sus componentes.....	67

8.2.1	Equipo de transmisor.....	67
8.2.2	Amplificador.....	69
8.2.3	Consola de Radio (Mesa mezcladora).....	70
8.2.4	Compresor o Puerta de ruido.....	71
8.2.5	Micrófonos.....	72
8.2.6	Auriculares y monitores de escucha.....	73
8.2.7	Cables coaxiales y conectores.....	74
8.3	Conclusiones técnicas.....	75
9	DIMENSIONADO PARTE SONIDO.....	77
9.1	Equipamiento y características del estudio.....	77
9.1.1	Ubicación del estudio de radio difusión.....	77
9.1.2	Características del estudio de Radiodifusión.....	77
9.2	Equipamiento de la sala de control y del locutorio.....	79
9.3	Características del servidor.....	82
9.3.1	Características del ordenador.....	82
9.3.2	Software para la radio.....	84
9.4	Instalación Eléctrica.....	85
9.4.1	Tablero de suministro de energía eléctrica.....	85
9.4.2	Grupo electrógeno.....	85
9.4.3	Sistema de ventilación y refrigeración.....	86
9.5	Mono en Estéreo.....	86
10	SISTEMA SUGERIDO Y PRESUPUESTO.....	93
10.1	Elementos de radiofonía.....	93
10.1.1	Transmisor EM 350 COMPACT DIG.....	93
10.1.2	El generador estéreo y compresor limitador COM LIM 3DIG....	96
10.1.3	Antena (dipolos M4).....	97
10.1.4	Tabla de mezclas ONE MIX 100 DIG.....	99
10.2	Presupuesto Total.....	102
11	SIMULACIÓN.....	103
11.1	Parámetros del Modelo Longley-Rice.....	104
11.2	Pruebas y Diagramas de Radiación.....	109
12	CONCLUSIONES.....	117
12.1	Conclusiones técnicas.....	117
12.2	Cronología del viaje.....	118
12.3	Impacto social y valoración personal.....	118
13	ANEXOS.....	123
13.1	ANEXO I.....	123
13.2	ANEXO II.....	127
13.3	ANEXO III.....	135
13.4	ANEXO IV.....	142
13.5	ANNEXO V.....	144
13.6	ANNEXO VI.....	147

***Muchas gracias a mi familia y a todos los  
que me han apoyado y han creído en mi.***



# 1 INTRODUCCIÓN

El proyecto que se presenta aquí corresponde a los estudios y experiencias que se han obtenido para planificar la parte técnica del montaje de una emisora de radio, en Burkina Faso, en África, que es uno de los objetivos del proyecto de cooperación nombrado “El centro de documentación del Koudougou” que “Enginyers Sense Fronteres” está realizando en Cooperación con el “CCD” de UPC, la ONG francesa “BEOGO” y la asociación burkinabé de profesores de secundaria “LÖNYIA”.

Cuando pensábamos a un proyecto de desarrollo en los países en desarrollo, primero para realizarlo, expusimos las necesidades que podrían tener las personas a las que se dirige y saldrían beneficiadas de esto. El trabajo ha consistido en hacer primero un análisis del problema para triar la mejor solución por lo que corresponde a tecnología, hardware i software, que nos serviría. Una vez escogida la solución, el paso siguiente sería el de hacer diferentes pruebas para evaluar el sistema. Y por último, desplazar cuatro ó más cooperantes de TSF a Koudougou por implantar el sistema.

Después de varias reuniones y de muchas ideas sobre los estudios de la zona de la ciudad Koudougou, los estudios y la búsqueda de los equipos y los fondos, se ha realizado tanto en la misma ciudad de Koudougou durante el verano del 2007, como también después en Manresa y Barcelona. Con objetivo final el diseño de una estación de radio, para la emisión de programas culturales y música, en el centro cultural de Koudougou.

La radio comunitaria está pensada para ofrecer un servicio por y para las personas de esta comunidad. Dando todo tipo de información a los estudiantes, profesores y otras personas vinculado a este centro, además de música, entrevistas, debates sobre los problemas de la comunidad.

A parte del servicio típico descrito en las líneas superiores, al haber la necesidad de la comunicación, podrá servir para enseñar un grupo de personas cómo funciona la emisión de un programa de radio y trabajar sobre esta, por lo tanto tendrá también una faceta educativa y laboral muy importante. Respecto el profesorado de la escuela pública de Koudougou, otras personas de Burkina Faso, que representan las Organizaciones No Gubernamentales Lõniya y Beogo y por supuesto nuestro punto de vista, para los habitantes que carecen de canales de comunicación efectivos es un grande problema, que la radio en funcionamiento puede ayudar en solucionar. Con objetivo final compartir con los demás y dar soluciones en problemas como el acceso a la información, el aislamiento rural, el analfabetismo, la letárgica social, y también la economía y la salud hasta en un cierto punto. Porque todo lo anterior significa desarrollo y avance de una sociedad y su aumento del nivel de calidad de vida.

En principio, una breve explicación de los capítulos del proyecto, después de la introducción y en el segundo sería una serie de datos sobre Burkina Faso y su situación geopolítica, una de la contraparte, las ONG que están implicadas y la situación de los recursos y desarrollo actual del país.

En los próximos capítulos se habla sobre la presentación del proyecto sus objetivos y la viabilidad del proyecto, que estamos esperando como resultados y los beneficiarios de estos resultados. La tecnología FM que utilizaremos en la implementación de la emisora del centro de documentación de Koudougou. También el plan de trabajo que se ha planeado dentro de un plan de 3 años aproximadamente.

En los capítulos 4º,5º y 6º, sería una descripción de los 3 años de colaboración y trabajo en equipo que durara el proyecto, empezando desde el verano del 2007 que era la primera aproximación con la situación del proyecto y la contraparte, en continuación el verano 2008 donde a partir los conocimientos y los estudios empieza a tener forma el proyecto y la formación de la gente que será responsable de su utilización y conservación, y por supuesto en la continuación hablaremos sobre el proyecto finalizado y los futuros aspectos y papeles que tendrá en la región y en la zona general Subsahariana. También, se explicaran experiencias sobre la situación de las infraestructuras actuales y con el papel significativo que podría tener la radio en la población.

En el capítulo 7º se dispone el problema de la propagación de las ondas de radiofrecuencia y los efectos que tienen sobre la disminución de su potencia una vez que han llegado al receptor o no; las diferentes capas de la atmosfera y la superficie de la Tierra.

En el 8º capítulo se centra en el estudio del los diferentes componentes que serán parte de un transmisor típico, explicando cada uno de ellos y sus características, es donde se describirá el modelo funcional de la radio. Por lo tanto aquí tendremos las ubicaciones y las características de las antenas, el estudio y el equipo de la transmisión y todos los datos donde se basaran nuestras pruebas de campo.

En 9º capitulo tendremos un estudio sobre adicionales componentes de la emisora, como el ordenador, los programas que quizás serian útiles depende de la forma de programación, un estudio geográfico de la zona donde se querrá dar cobertura, para así poder seguir con la licencia que se va a necesitar a buscar y proporcionar a nosotros la contraparte.

En el 10º capitulo es un capitulo donde se indican los elementos que hemos elegido y en este apartado se va a completar con la solicitud de ofertas para satisfacer los requisitos y prestaciones de la nueva radio y de un presupuesto para la compra de los equipos para emitir por RF dentro de la banda comercial FM.

En el 11º capitulo, y más importante, se analizaran las pruebas y simulaciones que se han realizado mediante el programa RadioMobile, para las estimaciones y el potencial de los elementos que hemos escogido para implementar nuestra emisora. Tanto haciendo las simulaciones en área conocida como de la zona de Manresa, también en la zona de Koudougou y para aproximar los cálculos en espacio libre y gracias a las ilimitadas capacidades del programa, hacer medidas sobre un área que esta toda sobre el nivel del mar sin variaciones del terreno.

Y finalmente en el último capítulo se contará una cronología del viaje a Burkina Faso durante el verano 2007, las conclusiones del proyecto. La cronología servirá para entender todos los problemas con los cuales nos hemos encontrado por la implantación total del sistema. En la otra banda, a las conclusiones podemos encontrar una valoración del impacto medioambiental del proyecto, así como conclusiones técnicas y de la experiencia personal.

## **2 SITUACIÓN ACTUAL**

### **2.1 *Motivación inicial***

La comunidad de las asociaciones de Lõniya – Beogo respecto que la baja tasa de escolarización y la masificación en las aulas produce que la educación sea un grave problema en Burkina Faso. Debido al carácter de base de la educación, cualquier carencia en este sentido conduce, irremediablemente, a un defecto generalizado de aptitudes que se refleja en todos los ámbitos de la sociedad.

Actualmente los habitantes de Koudougou empiezan a tener acceso a Internet, aunque las tarifas para su contratación son desorbitadas y los cibercafés se ha convertido en un lugar de ocio no social. La televisión ofrece una programación basada en el entretenimiento. Debido al hándicap de su coste económico se acaba convirtiendo en un acto social pero silencioso ya que alrededor de las contadas televisiones se concentran numerosas personas. También cabe remarcar que existen cuatro emisoras de radio FM en la ciudad, De radio Notre Dame y Radio Evangeline y Desarrollo, una comercial, Horizon FM, y una comunitaria, De radio Palabre. Los programas de estas radios se conciben según sus denominaciones. Así pues, si las dos primeras destinan sus programas a sus fieles con objetivo a endurecer su fe, la comercial sigue la ley del mercado y producto según el gusto y las preferencias del público. En cuanto al último, está la sola que se abre del mundo campesino. Se le destinan en su mayoría sus producciones. La oferta de programas culturales, educativos y de información es limitada y casi inexistente.

En este momento, estas ONG no constan con ningún servicio de Radiodifusión, por lo que tampoco constan de ninguno modo de difusión que permita la emisión por radio frecuencia y el proyecto pretende promover la difusión de la cultura y educación a través de la implementación de una emisora de radio con una programación adaptada a las necesidades reales de la zona.

### **2.2 País y situación geográfica**

Burkina Faso país de la África occidental, no posee acceso al mar, cosa que le limita su desarrollo comercial y económico, Limita al noroeste con Malí, al noreste con Níger, al sur con Costa de Marfil, Ghana, Togo y Benín. Koudougou es una ciudad situada a 100 km al Oeste de Uagadugú la capital de Burkina Faso. Es la cabeza de la provincia del

Boulkiemdé y capital de la región del Centro Occidental que cuenta con cuatro provincias.



Imagen 2-1. Mapa de Koudougou

Unos 80.000 habitantes se comparten los 10 sectores que cuenta la ciudad. A triple nivel, política económica y educativa, Koudougou tiene un tercer lugar después de Uagadugú y Bobo Dioulasso, respectivamente capital política y económica de Burkina.

A nivel político, Koudougou desempeñó un gran papel en la historia política de Burkina Faso, antiguamente conocido como Alto Volta. Es uno de sus habitantes, el Maurice Yaméogo que condujo el país al acceso de su independencia en 5 de Agosto del 1960. Fue entonces el primer Presidente.

A nivel económico, Koudougou albergó una de las raras unidades industriales y la única fábrica textil de Burkina, Faso Fani. Se ha liquidado desgraciadamente en 2002. Sus actividades acaban reanudarse en 2005 para la gran felicidad de las poblaciones. La presencia de una estación ferroviaria vuelve aún más floreciente la actividad económica.



**Imagen 2-2. Pueblo Burkinabé**

A nivel educativo, Koudougou es el tercer hogar intelectual de Burkina. Albergó hasta en 2005 a la escuela normal superior de Koudougou (ENSK) que forma a los profesores de los colegios y órganos colegiados de los cuadros de la enseñanza de Burkina-Faso. Desde el regreso 2005-2006 esta escuela forma en adelante parte de la Universidad de Koudougou (UK). Es el tercero centro de educación universitaria del país después de los de Uagadugú y Bobo Dioulasso.

La enseñanza secundaria por su parte, se encuentra ser enfrentado a muchas dificultades. La ciudad tiene un porcentaje de escolarización del 21,21%. Este tipo por debajo de la media se explicaría por las dificultades vinculadas a la accesibilidad de las salas de clase, del coste de los gastos de inscripción y la falta de infraestructuras escolares y profesores de parte del gobierno que no invierte en la educación tanto como debería por inexistencia de fondos y también porque tiene sus propias prioridades. Koudougou dispone en efecto de 12 establecimientos de enseñanza secundaria 09 de la cual de educación general y 03 del ámbito técnico. 09 están incluidos también en el privado y los otros están públicos. Estos establecimientos contabilizan a 4916 alumnos; 3091 niños y 1825 niñas. (Información de 2005).



**Imagen 2-3. Escola secundaria de Koudougou**

Sólo los colegios públicos poseen material audiovisual, que solamente su utilización se reserva mucho más gracias a los profesores. En cuanto a las bibliotecas, su número no es equilibrado con el de los establecimientos de enseñanza. Aparte de un único colegio privado que se dotó, son aún los colegios públicos que son la única solución. Sin embargo las bibliotecas están constituidas principalmente por libros de clase sobre subvención del Banco Mundial. Además de estas bibliotecas escolares cuatro existen en la ciudad: son las del municipio, la universidad, la capilla y recientemente del centro de documentación de la asociación Lõnyia.



**Imagen 2-4. Centro Cultural de Koudougou**

También un otro problema es que en los países subsaharianos, y concretamente Burkina Faso, tienen un ciclo climático marcado por una época seca y una época de lluvias que condiciona fuertemente el ritmo de vida de sus habitantes. Este hecho provoca que durante la época húmeda, que se puede prolongar hasta seis meses, todos los habitantes

tengan el deber y la oportunidad de ir a cultivar todo aquello que les sea posible para poder subsistir durante los meses secos. De esta manera queda condicionado el calendario escolar, obligando que las vacaciones transcurran durante la época de lluvias, que en el caso de Burkina Faso, pueden llegar a durar 4 o 5 meses. Una parada tan prolongada del ciclo escolar no permite la continuidad y la constancia necesarias para los alumnos, marcando profundamente la educación primaria y secundaria.

## 2.3 Contraparte

Con el estudio realizado, El principal beneficiario de este proyecto es la población de la región de Koudougou, tanto urbana como rural. La construcción de una emisora FM no tan solo puede ser un servicio para los oyentes sino que, además, puede dar voz a muchas organizaciones y colectivos que hasta el momento no la tenían.

La vertiente cultural con la que se quiere impregnar la programación de las emisiones servirá para reforzar y transmitir conocimientos populares de Burkina Faso. Además, se dará a conocer la problemática que vive el país y en concreto la educación, ayudando a mejorar el marco social de toda la comunidad

Actores implicados:

- Instituto municipal de Koudougou
- Radios comunitarias francesas
- Plataforma de radios comunitarias africanas<sup>i</sup>.
- Personal local para el soporte técnico y lógico.
- Radios españolas (soporte técnico y material).
- Otras organizaciones de Koudougou

La LONYIA es una asociación formada básicamente por profesores/as de secundaria. La asociación fue creada en Noviembre de 2003 por un grupo de voluntarios/as burkineses comprometidos en la promoción y difusión de la cultura africana y la educación para el desarrollo de su país. Actualmente la asociación cuenta con 20 miembros y tienen un centro con una biblioteca para que los niños/as tengan acceso a la cultura y educación y promueven todos los veranos campamentos con los niños/as para completar la enseñanza impartida durante el año y realizar actividades extraescolares que refuerzan la autoestima y dinámica de grupo entre ellos/as.

## **3 PRESENTACION DEL PROYECTO GENERAL**

### **3.1 Objetivos del proyecto**

El objetivo final de la construcción de esta emisora de radio no es nada más que cubrir las necesidades del nuevo centro cultural de Koudougou. Facilitando el acceso a la información y la cultura a los habitantes de la región de Koudougou, dinamizar nuevas redes sociales y potenciar el futuro de los estudiantes del centro cultural del Koudougou. Más concretos objetivos serían:

1. Crear un recurso basado en tecnologías de la información y la comunicación que facilite la creación de actividades de difusión cultural y educativa.
2. Capacitar a la población local en el uso de la nueva herramienta de difusión.
3. Crear sinergias entre organizaciones sociales que compartan la experiencia en el ámbito educativo y cultural y que supongan un crecimiento mutuo y aseguren la viabilidad del proyecto.

### **3.2 Viabilidad del proyecto**

#### **3.2.1 Políticas de apoyo**

Lõniya tiene el apoyo de la adhesión de un público a su causa educativa y cultural. Con la preocupación de completar tales actividades y con el objetivo de abarcar un público cada vez mayor, sale la idea de crear una radio comunitaria. Lõniya considera que la promoción de la cultura pasa necesariamente por el uso de los medios de comunicación así como el trabajo con las tecnologías, nuevas y viejas, de la información y la comunicación.

La ciudad de Koudougou alberga también un evento cultural internacional, “les Nuits Atypiques de Koudougou (NAK)”, que sería su traducción “Las Noches Atípicas de Koudougou”, organizadas todos los años desde 1995 durante el mes de noviembre. El festival dura una semana y reagrupa artistas y músicos modernos y tradicionales de Burkina y de todos los continentes. El festival representa por otro lado un ejemplo a seguir por otras manifestaciones culturales parecidas que tiene lugar en todo el país y que son a día de hoy más de sesenta. Tales festivales dan en principio un material valioso a los medios audiovisuales que hacen de la cultura un pilar para el desarrollo.

Hay que remarcar también que la creación de la radio comunitaria se encuentra reforzada dentro del contexto de creación de una universidad en Koudougou. La descentralización y la comunicación integral del país

vienen a instigar el desarrollo de base, la proximidad al mundo rural. Ciudades y pueblos en transición.

Habría que destacar también que la adjudicación de frecuencia y licencias de emisión corre a cargo del estado previa presentación del programa que se quiere emitir durante cada año.

### **3.2.2 Aspectos financieros y económicos**

Los recursos financieros de la radio comunitaria estarán constituidos básicamente por:

- La publicidad colectiva y de interés general
- Los reportajes
- La publicidad de marca
- Avisos y comunicados
- Alquilar tiempo de antena
- El patrocinio

No se puede olvidar que la asociación Lõniya está formada por voluntarios/as y que prácticamente el total de sus actividades se han sido desarrolladas por éstos. De ésta forma se pretende reservar cierto volumen de trabajo a tales personas, permitiendo la realización de programas a grupos voluntarios especialmente en relación al mundo rural.

### **3.2.3 Aspectos socioculturales**

Los beneficiarios de éste proyecto son básicamente los jóvenes, niños, y todo el mundo educativo, especialmente del mundo rural. La mayor parte de los programas serán concebidos en función de estos públicos y con el fin de participar en la educación de los jóvenes y contribuir al desarrollo del mundo rural.

La población rural constituye el 90% de la población Burkinesa. La tasa de analfabetismo en las zonas rurales es mucho más alta que en las zonas urbanas. Hecho que provoca que sus habitantes no comprendan el francés. Por otro lado Burkina entiende que su población rural es la base para el desarrollo económico. Un medio de comunicación solo puede servir para impulsar acciones e iniciativas y estar al servicio de la expresión de la democracia participativa. Será entonces dándoles la oportunidad de expresarse, de hablar de sus cosas y sus necesidades y vivencias que ellos participaran así de la construcción de su propio desarrollo, que a menudo es construido o dictado por otros que se creen mejor hacedores que los interesados. Se pretende con ésta intención desarrollar programas que aumenten todas sus capacidades.

El otro gran beneficiario de este proyecto es el mundo escolar y estudiantil. Si el desarrollo económico está basado en el mundo rural, su

porvenir pertenece a los jóvenes. Participar en la educación y fortalecimiento de las capacidades de esta juventud representa un gran reto. Buscando en todo momento su acción educativa, la radio se interesará también en unidades de programas para adultos para que estos tomen consciencia de algunos factores del desarrollo. Es evidente que para construir ciertas ideas son necesarios el tiempo y, sobretodo, unos buenos canales de comunicación, educación, y espacios de participación. Así los programas tomarán dos grandes ejes que serán: el eje educativo y el eje cultural.

El último aspecto sociocultural que tenemos que remarcar es que la región del centro oeste de Burkina, con capital Koudougou, cuenta con 4 provincias “le Boulkièmdé, le Ziro, la Sissili y le Sanguié”. Las cuatro provincias están habitadas por distintas etnias que hablan lenguas gaurossi (Sanguié, Sissili) y mooré (Boulkièmdé et Ziro). Así además del francés que es la lengua oficial del país muchas emisiones se realizarán en las otras lenguas locales. Promocionando así también las lenguas en sí mismas siendo siempre las lenguas un valor primero de una cultura.

### **3.2.4 Aspectos tecnológicos**

Conceptualmente dividimos el equipamiento de la radio en dos grandes partes. El equipamiento relacionado con la parte de sonido y el relacionado con la parte de radiofrecuencia.

En la parte de sonido encontramos todo aquello relacionado con: la grabación de entrevistas realizadas en el estudio, la reproducción de audio almacenado en cualquier medio físico (habitualmente un reproductor de CD o MP3), la edición de las grabaciones y la programación de la emisión automática de las emisiones. Para ello debemos contar con: un espacio físico acondicionado acústicamente formado por una sala donde se aloja el equipamiento y el realizador, otra sala anexa donde se realizan las entrevistas, un ordenador con un software de edición y de programación de emisiones, una mesa de mezclas, un doble reproductor de CD, sin olvidar los micrófonos, los altavoces y el cableado de audio. La elección de la complejidad y calidad del material es acorde con la cantidad de operadores que habrá en la radio y con la intensidad de programación que se espera. Cabe decir, que este equipamiento es coherente con el observado en radios locales de dimensiones y propósitos similares a los nuestros.

En la parte de radiofrecuencia encontramos un equipamiento que nos permite “poner en el aire” los programas generados en la parte de audio. En primer lugar necesitamos un equipo que realiza las siguientes funciones: acondicionador de niveles, limitador, ecualizador y modulador de estéreo. La salida de este equipo es modulada en RF y transmitida con una potencia de entre 300W y 400W. Es imperante la refrigeración de este equipo mediante ventiladores orientados directamente sobre el disipador del transmisor. Un cableado, de calidad para evitar pérdidas innecesarias, conduce la señal de RF hasta una altura de 30 m. Nótese

que el terreno en el que se pretende dar cobertura a la emisión de radio es llano, con tan solo leves elevaciones del terreno que no sobrepasan los 10m. Por ello es de capital importancia transmitir desde una torre de la mayor altura posible con el fin de tener la cobertura radioeléctrica deseada. Sin embargo, la relación entre la altura de la torre y la visibilidad radioeléctrica es tal que a partir de cierta altura la mejora es muy pobre. Así, una altura de 30 m es un buen compromiso entre coste, complejidad de construcción, terreno ocupado por los tensores de la torre y cobertura de la emisora.

Remarcamos que las torres de comunicaciones, incluyendo las de radio, reconocidas durante el estudio realizado en el país raramente superan los 40 m, siendo las más frecuentes de una altura entre 20 y 35 m. La torre se construye empezando por la base en tramos de 3 m. En la parte más elevada se sitúa el elemento radiante, es decir, la antena. Con el objetivo de concentrar la potencia de emisión en el horizonte se utilizan agrupaciones verticales de antenas. Cada una de las antenas de la agrupación se sitúa un poco más abajo en la torre, perdiendo visibilidad. Así, nuevamente debemos escoger entre una concentración pequeña de potencia sobre el horizonte o una disminución de la altura equivalente de la antena. Un buen compromiso, constatado sobre el terreno, es la elección de una agrupación de cuatro antenas dipolo. Finalmente, en la parte más elevada de la torre se alza un pararrayos el cual a través de un cable de cobre de grosor bien dimensionado conduce la posible descarga eléctrica producida por un rayo hasta una toma de tierra próxima a la torre.

### **3.3 Resultados esperados**

Se trata más bien de participar en la valorización de la cultura africana y de Burkina-Faso, como esta presentado en los objetivos.

Con el asesoramiento técnico de nosotros, la organización deberá solicitar y obtener todas las licencias y todos los permisos necesarios para construir la estación y para hacer los trámites de aduanas requeridos para importar el equipo. Y así lograr de:

1. Koudougou dispone de una radio FM comunitaria. Y así facilitar el acceso a la información y la cultura a los habitantes de la región de Koudougou y dinamizar nuevas redes sociales
2. Lõniya realizara emisiones periódicas de carácter educativo y cultural. Contribuir a restaurar algunos valores que constituyen valores de referencias para las sociedades permitir a las generaciones de hoy apropiarse su propia cultura contribuir por borrar prejuicios y por favorecer la aproximación entre distintas comunidades servir de trampolín a la promoción de la cultura, actividades culturales, artes y prácticas artísticas. Dar a los profesores medios para acabar a su

empresa en las salas de clases. Hacer la educación y de la cultura, una entidad que la comunicación garantizará la transmisión. Participar en el proceso de desarrollo por la sensibilización, desarrollar otro enfoque de la información volviéndolo descendente, es decir, concebido a partir de los ciudadanos y gira hacia ellos.

3. La asociación Lõniya dispone de personal capacitado, técnica y profesionalmente, para editar y realizar programas de radio

4. Existe una plataforma coordinadora de asociaciones locales. Participado en la construcción de una democracia participativa haciendo conocer a los ciudadanos, sus derechos y deberes. Favorecer la expansión de sectores agrícola, pastoral y todas las demás actividades relativas al mundo rural.

5. Se ha dado a conocer el proyecto a las comunidades nacionales e internacionales de radios comunitarias.

6. La Lõniya debe comprometerse a ayudar a grupos similares en su región, compartiendo programas radiales, información técnica, conocimientos y equipos.

### **3.4 Actividades**

1. Montaje técnico del equipamiento de radio
2. Pruebas de campo
3. Planificación y programación para el primer año
4. Realización de 2 formaciones técnicas. 1 durante la instalación y otra durante la fase de pruebas.
5. Formaciones en gestión de programas de radio.
6. Realización de emisiones de prueba.
7. Reuniones periódicas con asociaciones locales.
8. Emisiones conjuntas con asociaciones locales.
9. Establecer intercambios con otras radios de temáticas similares a nivel físico y virtual.

Todo esto también dependerá de unos movimientos que son necesarios a realizarse en el comienzo del proyecto que consisten en que se otorgan las licencias y permisos necesarios para la emisión.

### **3.5 Beneficiarios**

Los beneficiarios a que es destinado este proyecto son los alumnos y todo el mundo educativo, y como no también el mundo rural. La mayor parte de los programas se concebirá en función de estos dos objetivos; participar en la educación de los jóvenes y en la expansión del mundo rural. La

población rural constituye con mucho lo más importante de la población de Burkina-Faso; 90%. De ellos no estuvieron a la escuela y por lo tanto no incluyen francés. En conclusión se puede decir que es la base del desarrollo económico. Un medio de comunicación no puede sino impulsar sus acciones y ser también de tribuna para la expresión de la democracia participativa. Y esto dándoles la oportunidad de expresarse, de hablar de su necesidad y su vivido. Participarán así en la construcción de su propia felicidad, muy a menudo construida por responsables que piensan mejor hacer al lugar interesados. A su intención se desarrollarán de los programas destinados a aumentar su capacidad de producción en todos los ámbitos.

El segundo objetivo es el mundo escolar y estudiantil. Si el desarrollo económico hoy se basa en el mundo campesino, su futuro pertenece sin embargo a juventud. Participar en el refuerzo de los acervos de esta juventud en cuanto a educación tranquiliza este futuro. Esta es la razón por la que, al lugar de la juventud escolar o no, de las emisiones se elaborarán. Siempre al proseguir su acción educadora, la radio interesará otras unidades de programas a los adultos para llevarles a tomar conciencia de algunos cambios a causa de la evolución. Pero está claro que para realizar algunas ideas, es necesario no solamente tiempo pero también y sobre todo comunicaciones eficaces y eficientes.

Y para que esta herramienta de comunicación, educación, división y desarrollo participe plenamente en la realización de los objetivos de la asociación, sus programas tomarán dos grandes ejes: cultural y educativo. Los programas culturales incluirán entre otras cosas: Programas de variedades musicales de aquí y por otra parte, de las emisiones de variedades consagradas solamente a la música tradicional a de Burkina-Faso y/o de inspiración tradicional; él en francés y tres otros en lenguas locales (mooré, gouroussi et peulh). Una de las motivaciones a este nivel es dar un lugar destacado a la música de Burkina-Fasso, tradicional o de inspiración tradicional. Encuentra difícilmente lugar en los programas de las radios FM. Para la mayor parte del tiempo de la emisión, difunden esencialmente de la música extranjera. Las canciones que provienen de Burkina, son imitaciones de ritmos dependiendo de los mismos ritmos extranjeros. E incluso los artistas que intentan adaptar la música moderna a los ritmos locales no conocen éxitos. Cada vez que se programan los animadores añaden que es para fomentarlos y promocionar la música burkinesa. Eso es por otra parte contrario a sus principios que son compartir las formas de cultura, los ritmos y no danza hay.

Para las emisiones educativas, se orientará una primera vertiente hacia el medio escolar y académico. Por semana se destinará una a los colegiales y una a los alumnos. La primera contemplará al despertar de los niños y a estimular su capacidad de reflexión por juegos, se construirá el segundo al lugar de los alumnos de los colegios y órganos colegiados. Profesores de Universidad podrán también animar debates en relación con el mundo académico por supuesto así como de otros aspectos relativos del mundo contemporáneo.

Todas estas emisiones tendrán por objetivos enriquecer los alumnos y a estudiantes de otros conocimientos además de las adquiridas en clase y hacer ellos intelectuales a los espíritus informados y abiertos. Ellos mismos podrán por otra parte concebir y animar de las emisiones que se los concernirán.

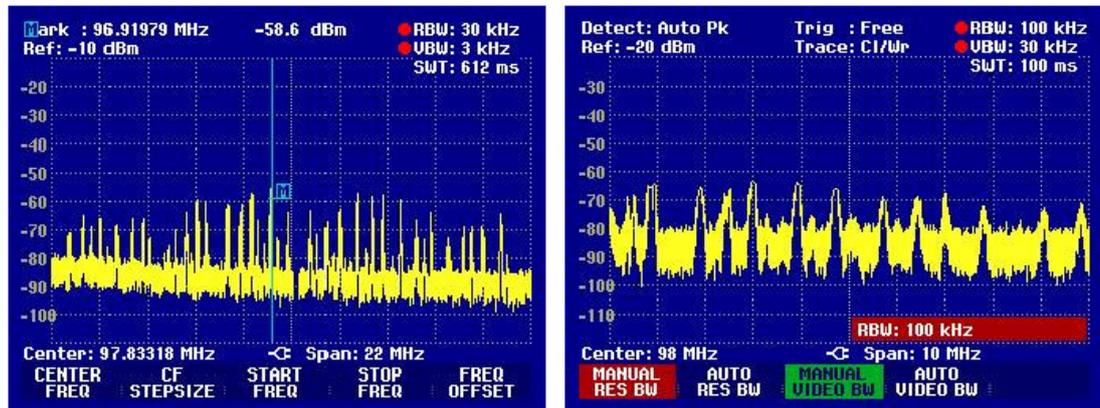
Una segunda vertiente proseguirá con la sensibilización. Irá dirigido sobre todo a los adultos que no habrán comprendido la importancia, la utilidad y la necesidad observar cambios en los comportamientos.

### 3.6 La tecnología FM

La banda de frecuencia para el Servicio de Radiodifusión Sonora por modulación de frecuencia, es la banda del espectro radioeléctrico comprendida entre las frecuencias 88 MHz y 108 MHz, dividida en 100 canales sucesivos siendo la frecuencia central para el primer canal de 88.1 MHz, y la del último 107.9 MHz.

<i>Frecuencia (MHz)</i>	<i>Potencia Recibida (dBm)</i>	<i>Frecuencia (MHz)</i>	<i>Potencia Recibida (dBm)</i>
88	-66	98,1	-68
88,7	-68	98,4	-77
89,1	-67	98,7	-79
89,5	-65	99,0	-77
89,8	-66	99,4	-81
90,5	-68	99,7	-76
91,0	-70	100,0	-67
91,4	-69	100,8	-83
91,9	-64	101,2	-78
92,0	-65	102,0	-66
92,5	-64	102,4	-77
93,3	-68	102,8	-66
93,9	-66	103,5	-68
94,4	-67	103,9	-69
94,7	-70	104,5	-66
95,6	-64	105,0	-68
96,0	-58	105,7	-70
96,6	-75	106,1	-79
96,9	-55	106,9	-78
97,4	-75	107,4	-75
97,7	-68	107,9	-72

**Tabla 3-1. Rango de Frecuencias y Potencia Recibida**



Izquierda. Espectro FM completo. Derecha. Vista parcial.

**Imagen 3-1. Espectro señal FM**

La tecnología de Radiofrecuencia FM estéreo no es una de las últimas de generación tecnologías y tampoco sus infraestructuras de telecomunicaciones, son de lo más complicado ó extravagante a encontrar en una sociedad hoy en día.

Pero no tenemos que despreciar su potencia y su efectividad en el campo de las comunicaciones. Además la utilización de una tecnología tan básica es un buen comienzo por su desarrollo tecnológico que el mismo apoyará y añadirá nuevas tecnologías siempre y cuando el país será lo suficiente fuerte tanto en economía como también en personas con un nivel de educación adecuado para utilizar estas tecnologías.

### 3.7 El plan de trabajo

En el verano del 2007 hemos hecho el primer contacto con el mundo de colaboración por el desarrollo. Y con un primero contacto con la gente participada y hacer los primeros cálculos sobre el dimensionado, la topología y las circunstancias donde se instalaran las maquinas, también hacer visitas y tomar referencias sobre las radios locales.

En este verano de 2008 se iniciara la instalación de la maquinaria necesaria por la radio y la construcción del locutorio para ser más funcional, y por supuesto dar unos talleres de cómo se hace una emisión, de que partes se consiste una radio FM y elegir las personas más adecuadas para ser parte en el equipo funcional y permanente de la radio del centro cultural de Koudougou.

El proyecto de creación de una emisora FM comunitaria en Koudougou consta de 12 meses de trabajo para poner en marcha las emisiones periódicas y crear un grupo de trabajo suficiente y sostenible que se haga cargo de todo lo referente a la nueva tecnología y el nuevo canal de comunicación.

Se contemplan en el proyecto dos fases relativamente diferenciadas. En la primera, durante los 4 primeros meses, se realizará la construcción y puesta a punto de la emisora. También en este periodo se harán las formaciones más técnicas aprovechando el hecho que se está montando y testando la parte tecnológica. También durante este periodo se pretende realizar la primera parte de las actividades que suponen que con la participación de voluntarios de la comunidad para desempeñar las funciones de locutores, de productor de programas, administración y cuidado de la emisora, haciendo una prova piloto con una radio con una potencia minima y un alcance de 100m. Se capacitarán los voluntarios burkineses para la instalación, el uso, y el mantenimiento del equipo, además de destrezas básicas de programación. Nuestro grupo se compromete continuará a capacitar a los técnicos locales durante visitas de seguimiento. Y como no intercambios entre organizaciones más a nivel estatal o internacional.

La segunda fase del proyecto, 8 últimos meses, se pretende focalizar todos los esfuerzos en la creación de un entorno social propicio para el uso de la radio y la preparación de una programación periódica. Esta fase constara básicamente de intercambios y encuentros con todos los posibles actores interesados así como de una parrilla de pruebas de emisión a nivel de producción. También se realizaran formaciones en gestión y edición de programas de radio dentro de los veranos del 2008 y 2009.

Este proyecto gracias en el trabajo a equipo y todas estas partes que están involucradas esperemos que sea la realización del sueño de los dirigentes de la ONG Lõniya y gracias a los fundamentos no solo tecnológicos y su propio interés por la evolución de esta emisora podrán dar soluciones en futuros problemas de expansión ó de fallos del diseño que no se han detectado debido a la falta de experiencia y la diferencia entre la construcción de una emisora en un ambiente bastante hostil por la maquinaria y su implementación en España. El proyecto sea seccionado en las diferentes etapas que sean aplicados y se aplicaran en el futuro.

Actividades	En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Sept	Oct.	Nov.	Dic.
Montaje técnico del equipamiento radio.	■	■	■									
Pruebas de campo.			■	■								
Planificación y producción de la programación para el primer año.			■	■	■	■					■	■
Realización formaciones técnicas.	■	■	■	■	■	■						
Formaciones en gestión de programas de radio.					■	■	■	■	■	■	■	■
Realización de emisiones de prueba					■	■	■	■	■	■	■	■
Reuniones periódicas con asociaciones locales.					■	■	■	■	■	■	■	■
Emisiones conjuntas con asociaciones locales.										■	■	■
Establecer intercambios con otras radios de temáticas similares a nivel físico y virtual.			■	■	■	■				■	■	■

**Imagen 3-2. Cronograma del desarrollo del proyecto en 2009**

Por supuesto, los problemas de la instalación de esta emisora no serán resueltos todos a primera vista, como decimos también en la parte técnica, el hostil ambiente donde se exponen las maquinas y la falta de experiencia en instalaciones de emisoras de radio nos obligará, no dejar sin apoyo los esfuerzos de las personas del centro sino continuar también con próximos viajes en los periodos de los finales de las diferentes etapas como irán cumpliéndose hasta que veamos que el crecimiento de este proyecto sigue de si solo basado en bases sólidas de nosotros pero canalizado y con perspectivas de evolución del propio equipo burkinés y la dirección del centro cultural de Koudougou.

### 3.8 Otros proyectos relacionados

La propuesta de diseño y construcción de una emisora FM comunitaria en Koudougou se enmarca dentro de un proyecto más amplio que incluye la construcción del nuevo centro de documentación de LÓNIYA. Estos son algunos de los proyectos relacionados:

Centro cultural: construcción del nuevo centro de documentación de la asociación. Colabora un grupo de arquitectos austriacos.

Espacio cultural: más allá que una simple biblioteca, LÕNIYA prevé la creación de un espacio cultural abierto a la comunidad de Koudougou donde se realicen diferentes actividades relacionadas con la tradición, la música, el cine, etc.

Está prevista la creación de un aula multimedia con acceso a Internet para la realización de formaciones y talleres que necesiten un soporte informático.

Donación de material: la ONG francesa BEOGO prevé dotar la biblioteca del centro cultural de material didáctico y de lectura así como de equipos

## 4 PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO EN VERANO 2007

### 4.1 Conociendo la contraparte

El verano de 2007 ha sido el más significativo para tener un primero contacto con la contraparte, el país de Burkina Faso y sus habitantes. Por algunos de nosotros ha sido la primera participación en un proyecto de desarrollo, e introducimos en este mundo de colaboración, teniendo la oportunidad de viajar a un país que posiblemente no sería uno de los países que quizás no visitaríamos en otras circunstancias. Y una vez allí ver cosas que aparecen a nuestra sociedad, pero también contrastes fuertes de la vida diaria y las condiciones donde viven personas que quizás les extrañaría y encontrarían incomodo nuestro modo de vida.

Desde el primer día hemos sido testigos de la voluntad y solidaridad de las dos ONG que son implicadas a este proyecto, Lõnyia y Beogo, recibiéndonos en el aeropuerto y cuidar para nuestro viaje hasta la escuela normal superior de Koudougou. Una vez allí ha sido muy acogedor el ambiente de los burkineses y los franceses que en su mayoría eran los voluntarios profesores para dar clases en el “chantier”, que es como una escuela suplementaria para dar un apoyo a los alumnos de la escuela de Koudougou durante la temporada de las lluvias. En esta temporada, normalmente es una temporada baja en escolaridad, porque los alumnos tienen que ayudar a sus familias en las actividades agrícolas, aprovechando así la temporada que la tierra subsahariana es más fértil.



**Imagen 4-1. Economía Burkinésa**

Nuestro equipo también ha sido parte del profesorado haciendo las clases de los diferentes niveles de los clases de física, química y matemáticas, por las mañanas durante el horario escolar, i así dar una ayuda

complementaria en la obra que hacen las ONG Lõniya y Beogo, durante esta temporada del año.

## 4.2 Los talleres de la tarde

Por las tardes, otra de las actividades del “chantier” era la de hacer diferentes talleres de temas como el teatro, los deportes, el baile, cursos de la lengua francesa para los más pequeños. Nosotros éramos los responsables del taller de los experimentos científicos, que consistían mediante el juego y experimentos que atraen el interés de los niños enseñar leyes y aplicaciones en la vida diaria de la física y química.



**Imagen 4-2. Clases de prácticas**

Y tanto los niños como nosotros hemos aprendido muchísimo descubriendo cosas que parecen simples en primera vista o que los hemos utilizado varias veces, pero resulta su explicación científica, tan completa y fácil para entender, pero en el mismo tiempo difícil de aplicar y construirlo nosotros mismos, especialmente cuando nuestros recursos no son abundantes.

Hemos comenzado dar estos talleres con principios de juegos con pesos, del magnetismo, de la luz y otros simples pero curiosos para los niños que participaban y muchos de ellos no tendrían la oportunidad de tener una explicación sobre estos fenómenos que muchos de los adultos se suponen que son cosas de la vida diaria gracias, pero sin dar la importancia que realmente tienen.

### 4.2.1 Calidoscopio

La explicación de la transformación de la luz solar y la demostración que la luz blanca se puede descomponer en una escala de colores, también la explicación del arco iris, cosa que gracias a la época de lluvias era un diario fenómeno que los niños podrían observar, sin poder dar una explicación de su origen. Para dar una explicación y enseñar la parte divertida de la física, gracias a material como son viejos y destruidos CDs y un poco de celo hemos podido demostrarles como podían construir calidoscopio a partir de estos trozos de viejos CDs, haciendo con tres trozos ortogonales e iguales de dimensión, unidos por el celo, un tubo en forma trigonal.



Imagen 4-3. Calidoscopio

Después se llenaba con trocitos de los CDs rotos que habían sobrado y ya tenían un calidoscopio que girándolo mientras mirabas con este el sol, gracias a la forma de la superficie de los CDs, que aparece a del espejo, y las pequeñas piezas de diferentes colores que estaban dentro del tubo, se podía obtener un resultado muy similar al que todos hemos experimentado la primera vez que miramos dentro de un calidoscopio.

### 4.2.2 El teléfono

Con el típico juego del teléfono, hemos podido usarlo como una demostración para explicar, que utilizando un hilo y dos vasos, se puede transmitir el sonido mediante los materiales sólidos y experimentar su comportamiento y sus diferencias. Los niños han entendido principios de la física, como la diferencia de la densidad de los materiales y la importancia que tienen los esquemas y el tipo de los materiales para transmitir voz, música y en general sonido. Y por supuesto, fue muy bien recibida por los niños esta forma de experimentar mediante el juego del teléfono.

La concentración para entender la forma final que tenía que lograr el conjunto de los dos vasos y el hilo, que tenía de estar lo máximo posible tenso, les ha demostrado que un simple juguete como este necesita varios

parámetros para funcionar perfectamente, pero sobre todo su imaginación es el más fundamental.



**Imagen 4-4. Teléfono de cuerda**

#### **4.2.3 El vacío, el agua y el vaso**

Introduciendo explicaciones y conocimientos sobre el vacío y su verdadera potencia simplemente con la ayuda del agua, un trozo de papel y un vaso. Se llena hasta arriba del todo el vaso con agua y en continuación se tapa con el trozo de papel, el papel absorbiendo agua cierra sus poros y no deja, a volver boca abajo el vaso, caer ni un gota de agua, cosa que ha dejado muy sorprendidos los niños que participaban en la actividad.



**Imagen 4-5. El vacío**

#### **4.2.4 La polea y la multiplicación de la fuerza**

Las fuerzas que nos rodeen y se ejercen sobre nosotros o sobre las cosas que nos utilizamos a diario, era el próximo objetivo de nuestra actividad y explicar que principios básicos que se utilizan los escaladores para subir su propio peso o también del material necesario por una expedición son basados en cosas del mundo de la física y la mecánica.



**Imagen 4-6. Poleas**

Utilizando que de diferentes longitudes y varios pesos entre ellas de personas de tamaño más grande que la intentaba a elevar o las propias personas que experimentaban con diferentes modos elevar su propio peso. También, como una actividad al aire libre, ha sido muy bien recibida de parte de los niños, pero sobre todo han sido tomadas todas las medidas de seguridad para evitar accidentes. Actividad que se ha aceptado bien por los

niños y también los profesores de la organización Lõniya, que estaban en principio un poco temidos por la seguridad de los niños.

#### **4.2.5 La brújula magnética, la tinta invisible y el centro de equilibrio**

Una actividad de dar una demostración de curiosidades a los niños, era en realidad tres actividades, que se han partido para gestionar el número de niños, y aprovechar del tiempo que teníamos lo mejor posible. Primero el funcionamiento de la brújula magnética hecha con una aguja magnetizada, papel y agua, magnetizando una aguja y poniéndola con un trozo de papel para poder flotar sobre el agua se podría observar su movimiento, gracias al campo magnético de la tierra y su orientación, indicando hacia el norte. También enseñar cómo se funciona y la explicación de su función de un imán y su comportamiento con los metales y otros imanes.

En el mismo tiempo en un diferente grupo se enseñaba como a partir del zumo del limón y después de su exposición a la luz de una vela se podría conseguir una tinta invisible cosa graciosa pero sin mucho éxito a partir de una primera sorpresa que han tenido los niños viendo aparecer letras y símbolos donde supuestamente había solo un papel en blanco.



**Imagen 4-7. La tinta invisible**

Y el último grupo hacía un juego con el balance y la demostración del punto del equilibrio de un sistema compuesto de una vela dos tenedores y un palito. A pesar de la sencillez de sistema ha tenido muy buena aceptación de formar parte de sus juegos diarios.

#### **4.2.6 La cometa**

Una de las sesiones que han tenido más éxito por los niños y que han dado a conocer nuestros talleres a más niños de la escuela que no estaban participando en ninguna actividad, fue la que era sobre la construcción de una cometa.

La cometa es uno de los juegos infantiles más antiguos pero también con un valor extraordinario para cada uno que ha intentado crear su propia cometa y desafiar la ley de la gravedad y así, con la ayuda del aire, sentir la libertad que se siente al ver un pájaro desplazarse con facilidad en el cielo.



**Imagen 4-8. La preparación de las cometas**

Y porque no intentar identificarse con la cometa, para alcanzar, cada vez, mayor altura y desafiar sus propios límites.

La construcción de una cometa no es nada fácil cuando no tienes a tu alcance cierto material o unos básicos conocimientos para comprender los límites en su diseño, la fuerza y la dirección del viento, o su peso equilibrado. En continuación se explicara el material necesario y el procedimiento que se ha de seguir. Primero con tres cañas, del mismo tamaño y longitud, formamos un hexágono atándolas en el centro y entre su extremos y formar la perímetro del hexágono. En continuación se cubre toda la área del hexágono con un trozo de papel o, como en nuestro caso se puede apreciar, de plástico y atamos con hilo todas las uniones del conjunto. Después, para poner la base donde se balanceara el hilo, de varios metros evidentemente, que sujetaremos y controlaremos la altura y el equilibrio de la cometa, atamos tres hilos iguales de longitud, la mitad de la longitud de la caña, a dos continuos extremos del hexágono y su centro. Se puede obtener un establecimiento mayor si se añade a los dos lados de los extremos pesos formados de tiras de plástico. Finalmente, a los dos extremos que no hemos atado nada hasta ahora, sería la posición de la cola de la cometa, formada también de tiras de plástico y de longitud igual al la de el perímetro del hexágono. Y gracias a estos procedimientos ya tenemos nuestra cometa.



**Imagen 4-9. La cometa**

Aquí es donde la radio podría ayudar con su apoyo y dar sugerencias, para describir y tener éxito dando la oportunidad de vivir esta sensación única de un juguete, que a pesar de los siglos y los cambios que ha obtenido, sigue ofreciendo siempre la sensación de superar un estado terrestre y alcanzar algo más alto, más como un sueño, el sueño de volar.

#### **4.2.7 Las máscaras de yeso**

Las máscaras son otra actividad que abre las puertas de mundos imaginarios y da la libertad de la expresión mediante las diferentes formas y colores que cada una, para representar un héroe o un estado de ánimo. Simplemente utilizando yeso, agua y colores, se puede mostrar un mundo que sus límites son solo la imaginación y esto es una cosa que no le falta a ningún niño.



**Imagen 4-10. Las máscaras de yeso**

Pero las mascararas no tienen como objetivo solo la diversión, sino nos hablan sobre la cultura y la historia de una sociedad y puede ser una fuente de educación.



**Imagen 4-11. Decoración de las mascararas**

Por ejemplo asociándolo con el teatro, ayudarían a una descripción de la emisión de una función teatral por la radio, para facilitar mucho la asimilación de los caracteres y sus emociones, a sus oyentes y especialmente a los más pequeños que les es difícil comprender los mensajes de una obra de teatro.



**Imagen 4-12. Exposición de las mascararas**

### 4.3 Cálculos y estudio de la zona de Koudougou

Pero nuestro viaje, no ha servido solo por la parte del “chantier”, sino también nos ha servido de hacer una primera estimación de las posibilidades de la viabilidad que tenía el proyecto que nos han asignado, como también de los recursos en nuestra disponibilidad tanto en el tiempo que estuviéramos allí como que hacer los arreglos para que esta disponibilidad sea mayor en los próximos veranos y más importantes en la construcción y forma física del proyecto que es la emisora con sus diferentes componentes. Componentes, que se explican en otros capítulos pero haciendo cálculos por las posibles condiciones en que estarán expuestos.

Unas de las más grandes preocupaciones y que nos han llevado mucho tiempo eran la orientación y geografía de la zona donde estará el nuevo centro de documentación pero como tampoco es todo seguro su situación porque están programando la traslación en un terreno más grande, propiedad de Lõniya. Una vez allí la construcción del centro completo de documentación, como la biblioteca, la radio, la sala de ordenadores, una sala de actos y más cosas que son parte de un ambicioso proyecto que como hemos dicho este proyecto solo es una parte de él. Otra preocupación era la insuficiencia de electricidad que suponemos que estará resuelta pidiendo simplemente una mayor distribución de la compañía de electricidad a este edificio. Y por supuesto el nivel de altas temperaturas del país, como los vientos de arena y el aislamiento de las casas a estos dos factores, se tienen que considerarse como un problema importante para la viabilidad del proyecto tanto el nuestro como el proyecto general. Las estimaciones y las varias conclusiones se han hecho gracias a los estudios que hemos hecho sobre el actual centro de documentación.



**Imagen 4-13. Estudio del proyecto**

Por la solución de los problemas anteriores, la planificación del futuro tanto de nuestra parte como la de la contraparte, y evidentemente para dar a ellos respuestas a sus preguntas, decidir si sus propuestas pueden

realizarse o no tienen sentido con la situación actual de los recursos de las organizaciones Lõniya y Beogo o de los del propio país, se han convocado numerosas reuniones con todos los participantes implicados a las diferentes etapas y fases del proyecto general.

## 5 CONTINUACIÓN DEL PROYECTO EN VERANO 2008

Volviendo y conociendo la situación de las necesidades y el potencial de los recursos, tanto locales como los que hemos reunido respecto nuestras pruebas y estudios, seremos capaces de empezar el proyecto y dar una forma en el sueño que tuve la contraparte, la realización del proyecto general, “El centro de documentación de Koudougou”.

El verano de 2008 ha sido ideal para poner las bases y empezar a utilizar los conocimientos, las pruebas y las preparaciones de cada participante por el proyecto final. Una de las primeras acciones que se hizo fue que el grupo de ISF de Valencia ha realizado una prueba piloto de radio FM, con una finalidad de actuar como un simulacro del proyecto completo sobre las condiciones reales donde será construida, un importante parámetro, pero sin facilidad de experimentarlo, en el ámbito de la universidad, bajo las mismas condiciones ambientales y de oferta de los medios que serían necesarios.

La puesta en marcha de una radio FM consta de varias fases. En cada una de ellas, los aspectos técnicos y humanos toman diferente importancia. Los aspectos técnicos los consideramos resueltos por parte del grupo que forma la ONG, y es responsable de hacer los arreglos necesarios para la implementación de la radio. Los aspectos humanos requieren poner en marcha un grupo de gente por lo tanto adquirir una formación adecuada en la utilización del equipamiento y una dinámica en el diseño y realización de los programas de la radio. La idea que perseguimos con la realización de esta prueba piloto es adelantar el momento en qué la contraparte se habrá de encarar con la realidad, y la dificultad, consistente al diseñar y realizar programas de radio y por supuesto aprender utilizar y reconocer los varios componentes de una radio. Así, se pretende principalmente hacer que la contraparte, se haga una idea de aquello con qué se encontrarán y dar ánimo para la prosperidad del proyecto. Implícitamente, esto lleva forzar a la contraparte a crear un grupo de personas implicadas y a iniciar su formación gracias a su dedicación y las ganas de aprender, pero sobre todo a la determinación del grupo ISF de Valencia, que ha puesto una serie de clases y visitas en varias emisoras de la zona para motivar el grupo y darles las mejores posibles bases antes de utilizar los equipos.

Una descripción de la prueba piloto consiste como poner en marcha una mini-estación transmisora de radio FM.

El adjetivo mini se refiere a la potencia, a las dimensiones, a la complejidad y al precio que tendrá esta radio, que su funcionamiento nos servirá tanto a nosotros como también a la contraparte. No habrá torre, ni pararrayos, ni agrupaciones de antenas, ni cables, ni equipos adaptadores de señal. Esta mini-estación, que puede ser fácilmente transportada hasta el país, no necesita ninguna clase de instalación ni montaje y se puede poner en marcha de forma inmediata. Se puede empezar a transmitir sin la necesidad de licencia puesto que el alcance de la comunicación está limitado a unos 100 metros.

A primera vista quizás no tiene sentido de hablar de una emisora con un alcance tan corto, pero a nosotros nos serviría esta emisora para hacer pruebas y cálculos finales sobre los últimos detalles que quizás faltaran. También a la contraparte le daría una sensación de ver una parte del proyecto realizado y también puede empezar a trabajar en la parte de sonido, que consiste en el diseño y la realización de programas de radio, software de edición y software de programación. Asimismo, el hecho de coincidir con el “chantier”, permitirá motivar al grupo de radio puesto que habrá un público potencial formado por unas decenas de personal académico y unos centenares de alumnos que participan en el “chantier”. El grupo de radio puede hacer emisiones de programas antes de la clase, durante el rato del recreo, durante las comidas colectivas, etc. El taller radio El hecho de tener una radio operativa se puede aprovechar por realizar “un taller de radio” que formará parte de la oferta de los talleres que se ofrecen por la tarde durante la realización del “chantier”. Los instructores del “taller de radio” serán los mismos miembros de la contraparte. Esto los estimula a perfeccionarse y aumenta su autoestima. El material necesario para la mine-estación de radio FM es el siguiente. De una banda un kit de radio, un micrófono, una grabadora y un alimentador por un coste alrededor de los 150 euros. Si se quiere hacer que la estación sea móvil entonces hará falta añadir una batería y un cargador, para la batería se haría de añadir otros 50 euros. De la otra banda hace falta todo el equipamiento formado por un ordenador y el software para hacer en él, la edición y programación de las emisiones, esto supone otros 1000 euros aproximadamente, que están calculados en el presupuesto total.

De nuestra parte, sería interesante traer receptores autónomos hasta el país. Receptores de radio FM por tal de poner un a cada aula del chantier y así facilitar la recepción de las emisiones. Es costumbre del sistema educativo burkinabé, y el chantier no trata de una excepción, premiar a los primeros alumnos de cada clase. Al finalizar el chantier está radio puede formar parte de los premios que reciben estos alumnos. Haría falta que el receptor pudiera funcionar sin “pilas” por el coste y la dificultad en encontrarlas en el continente africano. En el mercado europeo se encuentran receptores de radio FM que se pueden cargar mediante manivela y o/paneles solares por 30 euros. Un total de 20 receptores serían suficientes. Esto supone, evidentemente, en un coste de unos 600 euros adicionales.

## 6 CONCLUSION Y CONTINUACION EN EL FUTURO

La radio teniendo un personal adecuado y enseñado para satisfacer sus necesidades una vez que se han completado las formaciones tanto técnicas como también en la gestión de los programas de la radio. Se finalizara el montaje técnico del equipamiento radio, las pruebas de campo y las emisiones de prueba para detectar los más rápido posibles errores de cálculo. Una vez toda la parte del estudio de radiodifusión completada y con las personas cualificadas se planificará la producción de la programación del primer año y el más difícil según nosotros, para que comience tener la emisora su espacio en la comunidad y que sea aceptada de un gran número de oyentes. En este objetivo consideramos en el apoyo de una red de colaboración entre las emisoras de la zona y establecer intercambios con otras radios de temáticas similares a nivel físico y virtual. Pero gracias a los contactos de Beogo y de la Lõniya también de programación y documentación de las emisoras de Francia, esperemos en un futuro de evolución y dar sus frutos en la sociedad de Koudougou. Así dando un ejemplo a las comunidades de la zona para hacer ellas también un paso por su propia evolución y organizar todas juntas en una red de soporte para que se ayuden mutuamente con el intercambiando de experiencias y conocimientos sobre el mundo de la radiodifusión organizando reuniones periódicas y emisiones conjuntas con las asociaciones locales, sin la necesidad constante del extranjero y las varias ONG.

La programación de esta radio, por supuesto será dirigida a todo tipo de público independientemente de su edad. Y qué mejor que la música, tanto del propio país que tiene una gran variedad como también la internacional, para acompañar con alegría a todas las edades durante sus trabajos y sus acontecimientos. Sin embargo, la radio no es solo música, sino también es el intercambio de opiniones, ideas y reflexiones sobre los problemas comunes, la descripción de las diferentes experiencias y situaciones y aun más cosas del día a día. Por este motivo, de un aspecto están las conversaciones y las noticias sobre los problemas y asuntos que interesen un público mayor, y del otro lado hay un público que su edad esta entere los primeros años de la infancia hasta la adolescencia, que no tiene una programación dirigida concretamente a él, sino se deja satisfacer solamente con la música.

Pero no tenemos que olvidar, que solo con sólidas bases se pueden obtener mejores resultados en la educación y desarrollar personas completas a un nivel individual y evidentemente como consecuencia a un nivel colectivo. ¿Cómo podríamos conseguir un reto como este? Una propuesta de nuestra parte, surge de la propia experiencia de los talleres de ciencia para niños, que hemos explicado anteriormente. Aplicándoles

con pequeñas modificaciones para que sean presentados como una emisión de radio un poco impersonal en algo interesante para los niños. Algunos de los ejemplos de cosas que se podrían construir los niños mismos y que están basadas en leyes básicas de la física o la química, utilizando material que es fácil a encontrar a su entorno, para construirlas. Ejemplos serían la realización de un cometa, construir mascarar de yeso, juegos con pesos y cuerdas, la brújula magnética, el efecto del vacío y la tinta invisible.

Cada uno de los anteriores experimentos aporta conocimientos sobre cosas del día a día, pero gracias a la radio tendrían unas explicaciones y también se puede dar una idea y consejos para la realización o creación de un juego. Con objetivo final dar mucho más que diversión a los más pequeños de los oyentes de la radio. Para asimilar, también conceptos y leyes básicas de la física o la química serían otros experimentos científicos. Estos serían un punto de vista más general de la programación de la radio, de la emisión dirigida a los niños con objetivo que la radio ofrezca educación mediante el juego y la diversión.

Dándoles así asimilar, poco a poco, simples principios y leyes que no solo verán en la escuela, y no todos los niños podrán ir a ella, sino también se encuentran en su vida diaria.

La radio puede ser una fuente de conocimientos, inspiraciones y también ser un lugar de intercambio libre de opiniones y solución de necesidades que no solo las tienen los mayores. Es imprescindible que desde niños tengan la necesidad de escuchar, el valor de cuestionar y opinar de lo que pueden realizar y de lo que no. Mediante el juego y la interacción con los demás. Poniendo fundamentos por una sociedad sólida que piensa, se preocupa, cuestiona y sobre todo comparte esto entre todos.

## 7 PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS RF

### 7.1 Cálculos de dimensionado y propagación

Un enlace radioeléctrico se puede entender como la transferencia de energía electromagnética al medio de propagación en el extremo transmisor y la extracción de energía del medio en el extremo receptor. Por tanto en un radioenlace hay que tener en cuenta los diversos fenómenos que van a afectar a la calidad de la señal recibida en el extremo receptor. Entre los más importantes se encuentran las pérdidas producidas por la propia propagación de la onda en el espacio libre (pérdida básica de propagación), las pérdidas producidas por los obstáculos montañosos que la onda se encuentre en el camino hasta el receptor.

Se trata de una zona con un desnivel medio inferior a 10 metros, por lo que se ha decidido situar la sala de locución y control junto al sistema de transmisión. De esta manera no es necesario disponer de un radioenlace que permitiría colocar la antena omnidireccional en el punto más elevado de la zona, emitiendo el señal enviado desde el centro de control. La instalación de este radioenlace supondría un aumento considerable en el coste del proyecto.

Además, en la ciudad de Koudougou habitan 80000 personas aproximadamente, distribuidas en casas de una planta, es decir, casas de 3m de altura que no suponen un obstáculo para la propagación de las ondas sonoras, siempre y cuando la altura de la antena sea ligeramente superior a dicha altura.

Para obtener una referencia del tipo de transmisor, conocer la potencia mínima de la que debe disponer este transmisor, el tipo y la altura de la antena para obtener la cobertura deseada, se han seguido los siguientes pasos:

- Averiguar el nivel medio de intensidad de campo en un punto generado por un equipo de transmisión de radiodifusión sonora con modulación de frecuencia de ondas métricas para obtener un servicio satisfactorio en dicho punto. Este nivel medio lo podemos encontrar en la RECOMENDACIÓN UIT-R BS.412-9.(ANNEXO II)
- A partir de este momento, después de estudiar distintos métodos empíricos de predicción de programación, se ha decidido aplicar el método proporcionado por la RECOMENDACIÓN UIT-R P.1546, basado en curvas de propagación normalizadas para la predicción de valores de la intensidad del campo eléctrico en enlaces terrenales punto a zona, con aplicaciones a servicios de radiodifusión. Este método nos proporcionará el valor de la

potencia del transmisor, y altura de antena de transmisión, para una intensidad de campo y zona de cobertura deseadas.

### 7.1.1 dB y dBm

Los decibelios son una manera de expresar relaciones entre dos valores. Básicamente la ecuación que nos representa la relación es:

$$X_{AB} dB = 10 * \log\left(\frac{B}{A}\right)$$

En la ecuación anterior, A y B podrían ser por ejemplo las potencias a la entrada y la salida de un amplificador, y en este caso X sería la Ganancia del amplificador. Un valor de potencia también puede ser expresado en una escala logarítmica, si se toma un punto de referencia. Por ejemplo, la unidad dBW es la relación de una dada potencia referida a 1 Watt. Así dada una potencia Z expresada en Watts, podemos convertirla a dBW con la siguiente ecuación:

$$Z_{dBW} = 10 * \log\left(\frac{Z_{[watt]}}{1_{[watt]}}\right)$$

En telecomunicaciones es más frecuente utilizar valores pequeños de potencia, en el orden de los miliwatts. En este caso, es útil la unidad dBm, ya que toma como referencia 1 miliwatt. Por ejemplo, dada una potencia R expresada en miliwatts, podemos convertirla a dBm con la siguiente ecuación:

$$RdBm = 10 * \log\left(\frac{R_{[mW]}}{1_{[mw]}}\right)$$

La ventaja de trabajar con estas unidades, está relacionada con las propiedades de la función logarítmica. Es así que la multiplicación de dos números equivale a la suma de sus logaritmos, y la división se convierte en la resta de sus logaritmos. Por último es importante notar que 0 dB corresponden a una ganancia de 1.

### 7.1.2 Pérdida en el trayecto (Path Loss)

Se denomina pérdida en el trayecto  $L_p$ , al decrecimiento de la intensidad de una señal de radiofrecuencia a medida que la misma se propaga con un factor de propagación  $n$ , que varía entre 2 y 3, desde un elemento irradiante o transmisor (Tx) hacia un Receptor (Rx). Dicha pérdida depende principalmente de los siguientes factores:

- Distancia entre Tx y Rx
- Frecuencia
- Características del medio y configuración del terreno entre Tx y Rx

La pérdida en el trayecto se representa por la siguiente ecuación:

$$P_L = 10 * \log\left(\frac{P_t}{P_r}\right) = 10 * \log\left(\frac{G_t * G_r * \lambda}{4 * \pi}\right)^2 * \frac{1}{d^n} (dB)$$

Si  $G_t=G_r=1$ :

$$P_L = 10 * \log\left(\frac{P_t}{P_r}\right) = 10 * \log\left(\frac{\lambda}{4 * \pi}\right)^2 * \frac{1}{d^n} (dB)$$

La pérdida del trayecto:  $L_p = 20 * \log f + 10 * n * \log d - 27.6 (dB)$

Donde:

$P_r$  = potencia recibida (función de la separación Tx-Rx)

$P_t$  = potencia transmitida.

$G_t$  = ganancia de antena transmisora.

$G_r$  = ganancia de la antena receptora.

$L$  = factor de pérdida del sistema.

$\lambda$  = la longitud de onda dada en metros.

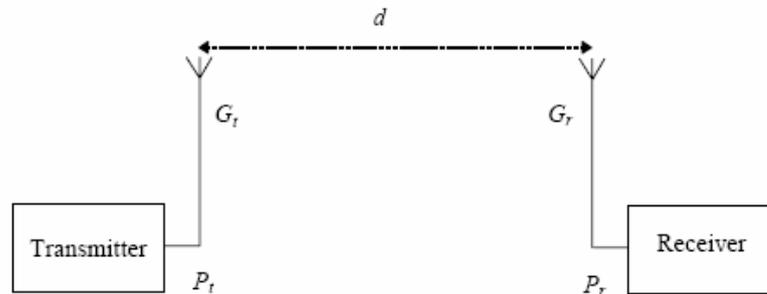
$f$  = Frecuencia de la señal expresada en MHz

$d$  = La distancia entre las dos antenas expresada en metros

La base para un análisis de propagación es calcular el nivel de señal recibido considerando propagación en el “espacio libre” con un factor de propagación  $n=2$ , que depende de la frecuencia portadora, distancia, ganancia de antenas y atenuación de cables y accesorios. Sin embargo, es importante verificar que enlace realmente está “despejado” y por lo tanto se pueden aplicar las ecuaciones de espacio libre.

### 7.1.3 Cálculo de Enlace simplificado

Como base analicemos el siguiente esquema simplificado, donde Tx y Rx se conectan directamente a las antenas.



**Imagen 7-1. Modelo simplificado de un radio enlace**

La señal recibida por el receptor Rx en condiciones de propagación en Espacio Libre está representada por la siguiente ecuación:

$$P_r = P_t + G_t + G_r - L_p(dB)$$

En esta ecuación:

P<sub>t</sub>= Potencia Transmitida (potencia entregada en el conector de la salida del equipo transmisor) expresada en dBm.

P<sub>r</sub>= Potencia Recibida (nivel de potencia a la entrada del Rx) expresada en dBm.

G<sub>t</sub>= Ganancia de la antena del transmisor expresada en dB

G<sub>r</sub>= Ganancia de la antena del receptor expresada en dB

L<sub>p</sub>= Pérdida en el trayecto expresada en dB

De las ecuaciones anteriores tenemos:

$$P_r = P_t + G_t + G_r - 20 * \log f - 10 * n * \log d + 27.6(dB)$$

De las ecuaciones anteriores y por las propiedades de la función logarítmica, se deducen los siguientes conceptos útiles:

- Si se duplica la distancia, la señal recibida es 6dB menor.
- Si se duplica P<sub>t</sub>, la señal recibida es 3dB mayor.

Así, para lograr el doble de distancia tengo que disponer de una potencia transmitida cuatro veces mayor.

Para que un enlace sea viable, la señal recibida P<sub>r</sub> debe ser superior a la sensibilidad del receptor. Se define como sensibilidad de un receptor (S) a la mínima señal que es capaz de detectar.

### 7.1.4 Margen de Fading

El margen de fading es un parámetro de diseño, que se elige en función de la confiabilidad que se quiere lograr en el enlace. El valor típicamente usado es de 10dB. Sin embargo, en zonas donde los factores climáticos son complejos y muy cambiantes, es deseable utilizar un valor mayor, que puede ser de 15 hasta 20dB. Cuanto mayor es el margen de fading utilizado, mayor será la confiabilidad del enlace, y menor la probabilidad de pérdidas de información o cortes de enlace. Por lo tanto, se busca que la potencia recibida sea mayor o igual que la Sensibilidad del equipo más el Margen de fading, lo cual se expresa:

$$Pr \geq S + MF(dB)$$

### 7.1.5 La influencia de la Tierra

La conductividad del terreno es un factor determinante en la influencia de la tierra sobre la propagación de las ondas electromagnéticas. La conductividad de la superficie de la tierra depende de la frecuencia de las ondas electromagnéticas que inciden sobre ella y del material por la que esté compuesta, comportándose como un buen conductor a bajas frecuencias y reduciendo su conductividad a frecuencias mayores.

El coeficiente de reflexión del suelo es un parámetro relacionado con la conductividad e informa acerca de cómo se reflejan las ondas en él. Su valor depende del ángulo de incidencia y del material que conforma el suelo: tierra húmeda, tierra seca, lagos, mares, zona urbana, etc.

Para un determinado coeficiente de reflexión, la energía reflejada por el suelo aumenta a medida que aumenta el ángulo de incidencia respecto de la normal, siendo la mayor parte de la energía reflejada cuando la incidencia es rasante, y teniendo los campos eléctrico y magnético de la onda reflejada casi la misma amplitud que los de la onda incidente.

En el caso de las antenas, tratándose habitualmente de emisión o recepción a grandes distancias, casi siempre existe una incidencia rasante.

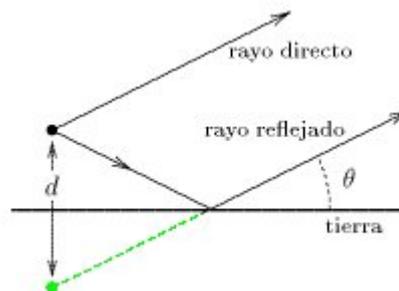


Imagen 7-2. Difracción

El rayo reflejado por la tierra puede modelarse, desde el punto de vista de la antena receptora, como el rayo transmitido por una antena imagen de la antena transmisora, situada bajo el suelo. El rayo reflejado recorre más distancia que el rayo directo.

La apariencia de la antena imagen es una imagen especular de la apariencia de la antena transmisora real. En algunos casos se puede considerar que la onda transmitida desde la antena real y la onda transmitida desde la antena imagen tienen aproximadamente la misma amplitud, en otros casos, por ejemplo cuando el suelo tiene irregularidades de dimensiones similares o mayores que la longitud de onda, la reflexión del rayo incidente no será neta.

La distancia recorrida por el rayo reflejado por la tierra desde la antena transmisora hasta la antena receptora es mayor que la distancia recorrida por el rayo directo. Esa diferencia de distancia recorrida introduce un desfase entre las dos ondas.

La figura de la derecha representa un ángulo de incidencia respecto de la horizontal  $\theta$  muy grande cuando, en la realidad, el ángulo suele ser muy pequeño. La distancia entre la antena y su imagen es  $d$ .

La reflexión de las ondas electromagnéticas depende de la polarización. Cuando la polarización es horizontal, la reflexión produce un desfase de  $\pi$  radianes, mientras que cuando la polarización es vertical, la reflexión no produce desfase.



La componente vertical de la corriente se refleja sin cambiar de signo, en cambio, la componente horizontal cambia de signo.

En el caso de una antena que emite con polarización vertical (campo eléctrico vertical) el cálculo del campo eléctrico resultante es el mismo que en radiación de un par de antenas. El resultado es:

$$|E_{\perp}| = 2|E_{\theta_1}| \left| \cos\left(\frac{kd}{2} \sin\theta\right) \right|$$

La inversión de signo para el campo paralelo solo cambia un coseno en un seno:

$$|E_{\parallel}| = 2|E_{\theta_1}| \left| \sin\left(\frac{kd}{2} \sin\theta\right) \right|$$

En estas dos fórmulas:

- $E_{\theta_1}$  es el campo eléctrico de la onda electromagnética radiado por la antena si no hubiese la tierra.
- $k = \frac{2\pi}{\lambda}$  es el número de onda.
- $\lambda$  es la longitud de onda.
- $d$  es la altura de la antena.

### 7.1.6 Propagación de ondas electromagnéticas en la atmósfera

En condiciones normales y en el ámbito de una atmósfera uniforme las ondas de radio se desplazan en líneas rectas. Teniendo en cuenta la forma esférica de nuestro planeta la comunicación con un punto situado más allá del horizonte será posible en ciertas condiciones y solamente en determinadas frecuencias. Para comunicaciones seguras a grandes distancias entre puntos situados sobre la superficie terrestre se utilizan las frecuencias de HF, ya que estas ondas son reflejadas en la alta atmósfera y regresan a la tierra a miles de kilómetros. Las frecuencias de VHF, UHF y SHF no se reflejan en la atmósfera (salvo algunas excepciones) y por lo tanto están limitadas al alcance visual de los puntos a comunicar.

Las ondas de radio permiten la comunicación más allá del horizonte gracias a fenómenos de **refracción, reflexión, dispersión y difracción**. Este tipo de ondas pueden viajar a través del vacío a la velocidad de la luz y aproximadamente a un 95% de esta velocidad en otro medio (por ejemplo un cable) y a través de la atmósfera terrestre la reducción de la velocidad es generalmente insignificante.

- **REFRACCION:** Las ondas electromagnéticas pueden sufrir una desviación en su trayectoria cuando atraviesan las diferentes capas de la atmósfera con cierto ángulo, debido a las densidades diferentes en cada una de estas capas. Normalmente se aprecia un fenómeno similar al introducir un lápiz en un vaso con agua el cual aparenta estar doblado. La desviación de la trayectoria es proporcional al índice de refractividad, que es el cociente entre la velocidad de propagación en el vacío y la velocidad de propagación en el medio atravesado.

Las ondas de radio atraviesan las diversas capas de la atmósfera, desde la troposfera hasta la ionosfera y si los índices de refractividad de cada una de estas capas son muy diferentes, se produce una reflexión total, siendo las frecuencias de VHF y superiores las más propensas a esta desviación de trayectoria.

- **REFLEXION:** Las reflexiones se producen en objetos grandes, tanto móviles como estacionarios, cuyo tamaño debe ser de varias longitudes de onda a la frecuencia de trabajo y de superficies planas. Para frecuencias de VHF o superiores se pueden comportar como reflectores

las capas ionizadas de la alta atmósfera, los límites entre las masas de aire de diferente temperatura y humedad de la baja atmósfera y también las grandes acumulaciones de agua. Otros reflectores lo constituyen los aviones, los edificios, las montañas y la superficie del planeta.

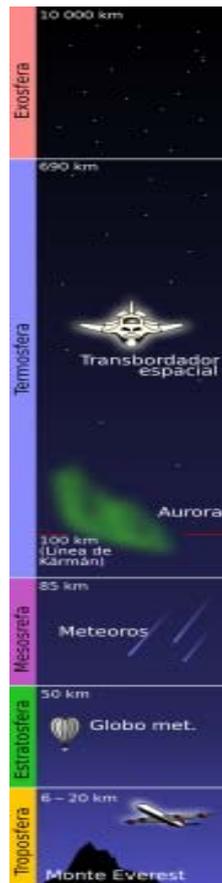
Las reflexiones en la atmósfera permiten las comunicaciones más allá del horizonte óptico sobre la superficie de la tierra. Tanto el receptor como el transmisor deben apuntar hacia las superficies reflectantes y la superficie común no necesariamente debe estar ubicada a mitad de camino entre ambos puntos.

- **DISPERSION:** Las ondas de radio sufren el efecto de la dispersión cuando atraviesan alguna masa de electrones o pequeñas gotas de agua en áreas suficientemente grandes, y de esta manera se refractan. Este fenómeno es similar al observado en la radiación de luz intentando penetrar en la niebla. Generalmente la refracción se producirá solamente a determinados ángulos.
- **DIFRACCION:** Cuando existe un obstáculo en el camino de las ondas electromagnéticas la difracción (el esparcimiento de las ondas en los límites de la superficie) permite que un pequeño porcentaje de las ondas lleguen del otro lado de la obstrucción. Este fenómeno generalmente permite la recepción en zonas de "sombra de señal" detrás de montañas ó grandes edificaciones.

Todas las ondas de radio se propagan por el aire o por el espacio. Cuando lo hacen a través del aire, la atmósfera produce efectos sobre las ondas que la atraviesan. La capa de aire que rodea nuestro planeta está compuesta de Nitrógeno y Oxígeno en grandes proporciones, junto a otros gases en cantidades mucho más pequeñas, incluidos fragmentos de elementos que llegan del espacio exterior. La composición se mantiene constante hasta una altitud de 100 Km., pero la densidad disminuye notablemente y luego, en la alta atmósfera, solamente se encuentra Nitrógeno y Helio.

La radiación del Sol actúa en toda la atmósfera. En áreas cercanas a la superficie influye con su calor en los fenómenos meteorológicos. En la alta atmósfera transforma los gases mediante la radiación ultravioleta y los rayos X.

La atmósfera se encuentra dividida en grandes regiones muy diferentes: la TROPOSFERA, la ESTRATOSFERA, LA MESOFERA y la IONOSFERA.



**Imagen 7-3. Capas de la atmósfera**

### 1. Troposfera

Se encuentra entre la superficie de la tierra y una altura promedio de 10 Km. En esta región se producen los fenómenos meteorológicos, ya que es aquí donde se encuentran las nubes, tormentas, vientos, frentes de diferente presión, temperaturas variables, etc. Esta capa es la responsable de la mayoría de las condiciones de propagación en VHF según las condiciones del clima.

### 2. Estratosfera

Se encuentra sobre la troposfera, entre los 10 y los 50 Km. Sobre la superficie terrestre; de baja densidad, no tiene ninguna influencia sobre las comunicaciones. Tiene gran poder de absorción de la radiación ultravioleta del sol, en la que el Ozono juega un papel muy importante, impidiendo que los rayos ultravioletas alcancen la superficie de la tierra. En esta capa la temperatura aumenta con la altitud, llegando al máximo en la capa de Ozono, debido a la máxima absorción de la luz solar.

### 3. Mesosfera

Esta capa de la atmósfera se encuentra ubicada entre los 50 y los 80 Km. de altura. En su parte inferior contiene una pequeña cantidad de Ozono y

por lo tanto calentamiento máximo debido al contacto directo con la porción superior de la estratosfera. A mayor altura disminuye la temperatura. En la porción superior comienza la ionización de la capa D perteneciente a la ionosfera.

#### 4. Ionosfera

Sobre la mesosfera y hasta una altura de 85 Km y los 700 Km, se encuentra la ionosfera o termosfera. Esta región de la atmósfera se ioniza, al recibir la radiación ultravioleta y los rayos X del Sol, y se liberan electrones de las moléculas de Nitrógeno y de Oxígeno (que pueden permanecer muchas horas en ese estado y en grandes áreas). Si estos electrones reciben excitación de radiofrecuencia, están en condiciones de irradiarla nuevamente hacia áreas adyacentes, incluida la tierra, o simplemente la disipan.

Es muy importante para las comunicaciones en HF ya que las señales que llegan a esta región son refractadas hacia la tierra, a miles de Km. del lugar de origen. En condiciones normales la ionosfera no produce ningún efecto sobre las señales de VHF, que la atraviesan y se pierden en el espacio exterior.

Dependiendo del grado de ionización de cada nivel de altura pueden encontrarse picos de ionización en capas denominadas "D," "E," "F1," y "F2". Dado que el grado de ionización es producido directamente por la acción solar una actividad anómala del Sol puede alterar las propiedades de la ionosfera y su capacidad de reflejar las ondas de radio terrestre alterando las comunicaciones en la Tierra. La estructura de la ionosfera viene marcada por el gradiente de la densidad electrónica. Así tenemos las siguientes capas de la ionosfera:

#### 5. La capa D

Entre los 70 los 90 Km. de altura, aparece de día durante todo el año y absorbe señales de las bandas inferiores de HF cuanto más radiación ultravioleta recibe, aunque permite el paso de frecuencias superiores a los 14 MHz sin dificultad. Al anochecer desaparece abruptamente y permite que las señales de HF en frecuencias menores a los 5 MHz la atraviesen libremente.

#### 6. La capa E

También conocida como Estrato de Heavside, sobre la capa D y hasta los 110 Km. de altitud, su densidad de ionización depende de la luz solar, de noche es esporádica y permeable. Durante el día es más densa, pero mucho menos absorbente que la capa D.

## 7. La capa F

De características puramente reflectivas, se encuentra entre los 110 y los 400 Km. de altitud, se divide en dos, la capa F1 y la capa F2 o capas de Appleton. La capa F1 (entre los 110 Km. y los 250 Km.) presente solamente durante el día (ausente en invierno) y la capa F2 (entre los 250 hasta los 550 aprox.) presente en mayor cantidad durante la noche.

## 8. El Sol

La densidad de la ionosfera depende de la cantidad de radiación solar recibida, que no es constante. La radiación emitida por el Sol es variable con respecto a la rotación del Sol sobre su eje y también de un periodo de 11 años de actividad. Estas variaciones son manifestadas por la cantidad de las *manchas solares* observadas desde hace varios siglos. El promedio de las manchas alcanza picos máximos cada once años. Hasta el momento el máximo promedio de manchas en un ciclo fue de 200. También se puede expresar la intensidad de la actividad como *flujo solar*, expresado en una escala de 60 a 300. El mínimo de manchas corresponde a una medida de 60 en la escala de flujo solar y el máximo de manchas corresponde a una medición de 300 del flujo solar.

Las manchas solares consisten en disturbios magnéticos en la superficie de la estrella seguidos de altísimas emisiones de ondas electromagnéticas. Estas emisiones abarcan un amplio rango de frecuencias, desde frecuencias de HF hasta los Rayos X, manifestándose inclusive como alto ruido en la banda de VHF. Estas emisiones se incrementan durante los picos máximos del ciclo de 11 años. De esta manera llegan emisiones ultravioletas a la ionosfera, la que se ioniza intensamente, aumentando la frecuencia máxima utilizable en la capa F2 y posibilitando comunicaciones de mayor distancia en HF e inclusive favorecer las comunicaciones en las bandas inferiores de VHF. Las predicciones de las condiciones de propagación toman en cuenta el flujo solar y las manchas solares en conjunto con otras variables.

## 9. Las comunicaciones en frecuencias de HF

La característica distintiva de las ondas de radio de MF y HF (de 0,3 a 3 MHz y de 3 a 30 MHz respectivamente) es la capacidad de comunicar a distancias de miles de kilómetros. Una vez alcanzado el horizonte óptico las señales se refractan en la ionosfera y alcanzan nuevamente la superficie a distancias considerables. La distancia de salto depende de la frecuencia y de propiedades de la ionosfera, que inclusive durante la noche posee características muy favorables. En cambio las señales de VHF (de 30 a 300 MHz) y superiores alcanzan el horizonte óptico y se pierden en el espacio.

Se denomina FMU a la Frecuencia Máxima Utilizable que se refleja en la alta atmósfera para regresar a la superficie a muchos kilómetros del origen, depende de la actividad solar y las manchas solares que alteran la

ionosfera en forma súbita y breve o por lapsos de tiempos prolongados. La Frecuencia Máxima Utilizable es variable día a día y según la irradiación solar, siendo de 10 MHz como mínimo y de 65 MHz o más con máxima actividad solar. Una de las características de la actividad solar es que logra aumentar la FMU aunque puede disminuir en forma repentina.

#### 10. La Ionosfera durante el día

Con radiación ultravioleta máxima, la capa F se separa en dos, la capa F1 por debajo y la capa F2 por arriba. La capa D, que es máxima al mediodía absorbe totalmente las señales entre 1 y 10 MHz emitidas desde la tierra, de manera que éstas no llegan a la capa F para ser reflejadas. Debido a estos comportamientos, durante las horas del día las comunicaciones en las bandas de 1,8 MHz y de 3,5 MHz se limitan notablemente a algunos cientos de kilómetros.

Las señales superiores a los 20 MHz, como los de la radio atraviesan todas las capas, incluida la F1 y pueden llegar a la capa F2, que mediante reflexión retornan a la tierra. Durante el invierno, al mediodía, la capa F1 desaparece y de esta manera la capa F2 refleja señales de frecuencias más elevadas.

#### 11. Las condiciones de propagación

Los factores atmosféricos que intervienen en la propagación son:

- **Convección:** producida por el calentamiento del suelo lo cual introduce una reducción de temperatura con la altura. Se encuentra en tiempo claro y corresponde a una propagación estándar.
- **Turbulencia:** producida por efecto del viento y con condiciones de propagación estándar.
- **Advección:** se trata de un desplazamiento horizontal de masas de aire debido al intercambio de calor y humedad entre el aire y el suelo. Cuando una masa de aire cálido y seco incide desde la tierra hacia el mar las capas inferiores se enfrían y se cargan de humedad lo cual crea una capa de inversión del índice de refracción.
- **Subsidencia:** correspondiente a un desplazamiento vertical de aire a alta presión lo cual genera una capa de inversión del índice de refracción. Dicha capa se denomina conducto y produce una propagación de múltiples trayectorias.
- **Enfriamiento:** producido durante la noche por irradiación de la tierra lo que introduce una inversión del gradiente de temperatura.
- **Niebla:** produce una variación en el gradiente del índice de refracción. Si existe una inversión en el gradiente de temperatura la presión del vapor aumenta con la altura y se produce una propagación

sub-estándar. La propagación estándar es favorecida por la baja presión, la turbulencia y el cielo cubierto. En cambio la propagación no estándar se ve favorecida por la alta presión, la subsidencia y el cielo claro. Las mejores condiciones de propagación se obtienen con terrenos ondulados (debido a las corrientes verticales de aire), con trayectos oblicuos (debido al cruce de capas atmosféricas en forma transversal), en época invernal y por la noche.

## 7.2 RADIO FICTICIO DE LA TIERRA

Como la onda radioeléctrica se curva hacia abajo en una atmósfera normal, se define el factor de radio ficticio de la Tierra K que permite suponer a la onda en una propagación rectilínea y a la Tierra con un radio aparente  $R_a$  distinto al radio real  $R_o$ :

$$R_a = K \cdot R_o \text{ donde } R_o \text{ es } 6370 \text{ Km.}$$

La curvatura del rayo en la atmósfera se relaciona con el gradiente del índice mediante:

$$1/\sigma = - \delta n / \delta h$$

Con  $\sigma$  el radio de curvatura del rayo. La curvatura de la Tierra respecto de la curvatura del rayo es:

$$1/R_o - 1/\sigma = 1/K \cdot R_o$$

Por lo tanto, el valor de K se relaciona con el coincide de la siguiente forma de acuerdo con ITU-R I.718-2:

$$K = (1 + R_o \cdot \delta n / \delta h)^{-1} = (1 + 0,00637 \cdot \delta N / \delta h)^{-1}$$

El valor de K sigue las estadísticas de N. Se dice que el horizonte de la Tierra se "levanta" cuando K es inferior al valor promedio. Para  $\delta N / \delta h = -40/\text{Km}$  el valor de K es de 1,34 (conocido como 4/3); esto corresponde a un radio aparente de la Tierra de 8500 Km.

## 7.3 LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN DE RF

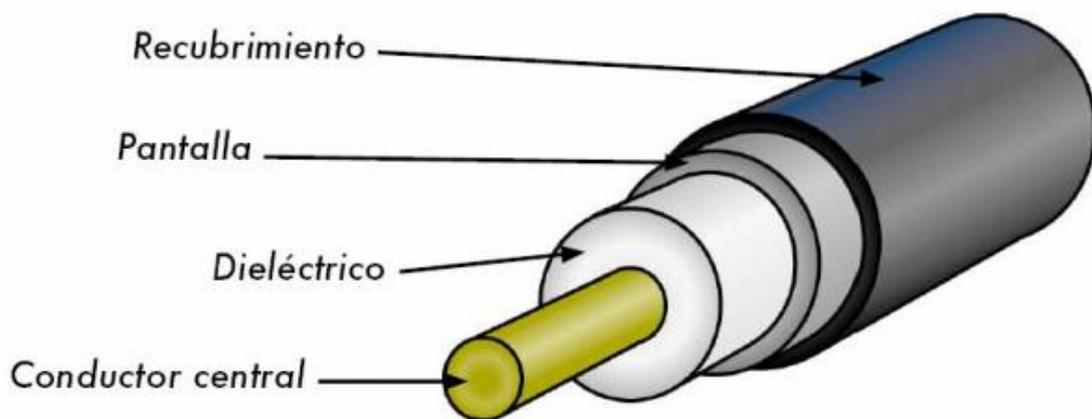
### 7.3.1 Tipos de Cables

El transmisor que genera la energía de RF para entregar a la antena generalmente está ubicado a cierta distancia de la misma. El enlace entre ambos es la *línea de transmisión de RF*. Su propósito es transportar la energía de RF desde un lugar hacia el otro de la forma más eficiente posible. Del lado del receptor, la antena es responsable de captar las

señales de radio desde el aire y pasarlas al receptor con la mínima cantidad de distorsión, para que el radio pueda decodificar la señal. Por estas razones el cable de RF tiene un papel muy importante en los sistemas de radio: debe mantener la integridad de las señales en ambas direcciones.

La conexión entre la última etapa de amplificación y la antena debe estar acoplada, es decir la impedancia de salida del amplificador debe ser igual a la impedancia de entrada de la antena, cuando son iguales aseguramos que la potencia que sale del amplificador se disipa en la antena, como estándar las antenas tienen una impedancia de entrada de 50 Ohm ( $\Omega$ ), la impedancia de salida del amplificador debe ser también de 50 ( $\Omega$ ). Si no son iguales no se disipa toda la potencia en la antena, y se refleja hacia el amplificador y si esta potencia reflejada es muy alta puede dañar al transistor, que es la pieza más importante del amplificador.

Los cables coaxiales tienen un *conductor* central recubierto por un material no conductor denominado *dieléctrico*, o simplemente *aislante*. El dieléctrico se recubre con una pantalla conductora envolvente a menudo en forma de malla. El material dieléctrico evita una conexión eléctrica entre el conductor central y la pantalla. Finalmente, el coaxial está protegido por un recubrimiento generalmente de PVC. El conductor interior transporta la señal de RF, y la pantalla evita que la señal de RF sea radiada a la atmósfera, así como impide que posibles señales externas interfieran con la que está siendo transmitida por el cable. Otro hecho interesante es que las señales eléctricas de alta frecuencia siempre viajan a lo largo de la capa exterior del conductor central: cuanto más grande el conductor central, mejor va a ser el flujo de la señal. Esto se denomina “efecto pelicular”.



Cable coaxial con recubrimiento, pantalla, dieléctrico, y conductor central.

#### Imagen 7-4. Cable Coaxial

A pesar de que la construcción del cable coaxial es muy buena para contener la señal en el cable, presenta algo de resistencia al flujo eléctrico: a medida que la señal viaja a través del cable disminuye su

intensidad. Este debilitamiento es conocido como atenuación, y para las líneas de transmisión se mide en decibelios por metro (*dB/m*). El coeficiente de atenuación es una función de la frecuencia de la señal y la construcción física del cable. Si se incrementa la frecuencia de la señal, también lo hace su atenuación. Obviamente se necesita minimizar la atenuación del cable cuanto más nos sea posible, lo que puede hacerse mediante la utilización de cables muy cortos y/o de buena calidad.

Aquí hay algunos puntos a considerar cuando elegimos un cable para utilizarlo con dispositivos de RF:

1. Cuanto más corto mejor, es la primera regla cuando instalamos un cable es la de hacerlo lo más corto posible. La mejor solución es poner el transmisor lo más cerca que podamos de la antena, incluso si esto implica colocarlo en una torre.
2. Cuanto más barato peor, es la segunda regla de oro es que todo el dinero que se invierta en comprar un cable de *buena calidad* es un buen negocio. Los cables baratos están pensados para ser utilizados con bajas frecuencias como VHF.
3. Aunque se puede usar RG-58 es mejor usar RG-213. En este caso el diámetro del cable implica alta calidad y baja atenuación.
4. Siempre que sea posible utilizar cables Helix (también denominados "Foam" –espuma–) para conectar el transmisor a la antena. Cuando no haya cable *Helix* utilizar los mejores cables LMR que se puede encontrar. Los cables Helix tienen un centro conductor sólido o tubular con un conductor externo sólido y corrugado que lo hace flexible. Estos cables pueden construirse de dos formas, utilizando aire o espuma para el dieléctrico. Los cables Helix con dieléctrico de aire son los más caros y garantizan la menor pérdida, pero son muy difíciles de manipular. Los de espuma tienen una pérdida ligeramente mayor, pero son más económicos y sencillos de instalar. Se requiere un procedimiento especial cuando soldamos conectores para mantener la espuma dieléctrica seca e intacta.
5. Siempre que sea posible utilizar cables que ya tengan los conectores, y que hayan sido probados en un laboratorio apropiado. La instalación de los conectores en el cable es una tarea delicada y se hace difícil realizarla adecuadamente aún teniendo las herramientas necesarias. A menos que tenga acceso al equipamiento que pueda verificar un cable hecho por usted mismo (como un analizador de espectro y un generador de señal), solucionar los problemas de una red que utiliza cables hechos en casa puede ser difícil.
6. No maltrate su línea de transmisión. Nunca camine sobre el cable, no lo doble demasiado, no intente desenchufar un conector halando directamente el cable. Todos esos comportamientos pueden cambiar las características mecánicas del cable y por lo tanto su impedancia, provocar un cortocircuito entre el conductor interno y la pantalla, o incluso romper la línea. Rastrear y reconocer este tipo de problemas no es tarea fácil, y esto puede llevar a un comportamiento impredecible del radió enlace.

La impedancia característica está determinada por el espacio entre las líneas conductoras y el tipo de material aislante que se usa. Debido a que queremos que la línea de alimentación tome toda la potencia del transmisor y la línea transporte hacia la antena, la impedancia característica es muy importante. Entonces, para que esto ocurra, el transmisor o fuente de RF debe tener la misma impedancia que tiene su carga o línea de alimentación. En la misma señal, la línea de alimentación debe tener similar impedancia que su carga, la antena.

Si hubiera alguna diferencia en las impedancias, circuitos especiales llamados igualadores, sintonizadores, acopladores, etc., pueden ser usados. Estos se refieren a la combinación de condensadores variables e inductores que forman un circuito especial (Sintonizadores de antenas). Estos circuitos pueden ser usados para adaptar una impedancia con otra. Una selección minuciosa y adecuada de la línea de alimentación, sin embargo, puede minimizar tales problemas de igualación.

Hay numerosos tipos de líneas de alimentación que los radioaficionados usan. El más común de ellos es el cable coaxial. Este consiste en un conductor dentro de otro. El conductor central está rodeado por aislante, el aislante está rodeado por una cubierta metálica (cobre o metal blanco) tejida de alambre llamada la malla. Una fuerte y flexible capa exterior de vinilo encierra todo el cable y lo hace a prueba de agua. Los cables coaxiales pueden venir en muchas y diferentes medidas con muchas y diferentes propiedades eléctricas.

El dibujo siguiente muestra los distintos tipos de cables coaxiales usados por los radioaficionados.

Comparativa detallada de cables coaxiales típicos

Tipo	RG-316	RG-174	RG-58/U	RG-59	RG-213/UBX	RG-213 FOAM	AIRCELL 7	BELDEN H-155	BELDEN H-500	
Impedancia	50	50	50	75	50	50	50	50	50	Ohm
Diámetro exterior	2,6	2,6	5,8	6,2	10,3	10,3	7,3	5,4	9,8	mm
Pérdida a	30 MHz	18	20	9,0	6,0	1,97	3,7	3,4	1,95	dB/100m
	144 MHz	32	34	19	13,5	8,5	4,94	7,9	11,2	dB/100m
	432 MHz	60	70	33	23	15,8	9,3	14,1	19,8	dB/100m
	1296 MHz	100	110	64,5		28	18,77	26,1	34,9	dB/100m
	2320 MHz	140	175				23,7	39	24,5	dB/100m
Factor de velocidad	0,7	0,66	0,66		0,66	0,8	0,83	0,79	0,81	
Máx. carga en	10 MHz	900	200			2000	2960	550	6450	W
	145 MHz	280	9			1000	1000	240	1000	W
	1000 MHz	120	30			120	190	49	560	W



Tabla 7-1. Tabla de comparación de cables coaxiales

Los tipos comunes de coaxiales tienen 50ohms o 72ohms de impedancia característica. RG-58, RG-8 y RG-213 son todas designaciones para cables de 50ohms. Estas designaciones también pueden incluir un sufijo

como /U, A/U o B/U, o llevar impreso la etiqueta de "polyfoam" (espuma de poli estireno). Este tipo de líneas de alimentación pueden usarse con la mayoría de las antenas. Los cables designados por RG-59 o RG-11 son líneas de 72ohms. Estos cables pueden ser usados para alimentar antenas dipolos toda vez que la impedancia de un dipolo de media onda es cercana a 73ohms, mientras más lejos se ubique físicamente de otros objetos. Este tipo de instalación es muy poco práctico de pensar o posible de conseguir, ya que es casi imposible encontrar un espacio donde una antena pueda ser colocada lejos de otros objetos. Cuando una antena es instalada cerca de edificios, árboles o aún del suelo su impedancia se convierte en un valor cerca de los 50 ohms. Sin embargo, indistintamente cual cable use UD., de 50 o 72 ohms, la desigualdad de impedancia a la antena no es importante.

Las características eléctricas y las propiedades físicas son dos consideraciones al momento de seleccionar el cable de alimentación correcto para su instalación. Hasta las propiedades físicas de los cables RG-58 y RG-59 son relativamente peso-liviano y razonablemente flexibles y tienen un diámetro de cerca de  $\frac{1}{4}$  de pulgada, donde los cables RG-8, RG-213 y RG-11 son cerca de tres veces más resistentes, mucho menos flexibles y son casi de  $\frac{1}{2}$  pulgada de diámetro. Como UD. pueden ver, las propiedades físicas pueden hacer una gran diferencia dependiendo del tipo de instalación de su estación. Como dijimos anteriormente, además hay características eléctricas a considerar. Por ejemplo, los cables RG-58 y RG-59 manejan bastante menos potencia que la que soportan los RG-8, RG-213 y RG-11 porque sus medidas limitan sus capacidades de potencias.

Cualquier línea que es usada para alimentar una antena absorberá una pequeña cantidad de la potencia de transmisión. Cuando esto sucede, esta potencia se pierde, porque no sirve a ningún propósito. Hace, por el contrario, que la línea se caliente ligeramente. Esta pérdida ocurre porque ni los alambres o los materiales aislantes son conductores o aisladores perfectos. Esta pérdida también se incrementa en la medida que los valores del ROE aumentan, por lo que los radioaficionados deben tratar de mantener los ROE bajo la relación de 2: 1.

Los cables coaxiales más gruesos (RG-8) tienen menos pérdida de señal en comparación con los más delgados (RG-58). Los radioaficionados probablemente no tienen la información de la pequeña pérdida de señal si su línea es menor de 30 metros de largo, al menos en las bandas de HF. Muchos operadores de HF encuentran más adecuados a sus necesidades y mejor los coaxiales delgados debido a su peso y flexibilidad, sin mencionar el costo que es cerca de la mitad o más por metro de cable de los más gruesos.

Las pérdidas causadas por los cables RG-58 y RG-59 son bastantes más notorias en las bandas de VHF y UHF especialmente si la línea es más larga de 15 metros. Los radioaficionados, normalmente usan cables coaxiales RG-8 de alta calidad o aún mejor, cables coaxiales especiales

de muy baja pérdida. Es importante recordar que conectores de buena calidad también son muy importantes en las frecuencias de VHF y UHF.

El cable coaxial se encarga de transmitir la potencia generada por el emisor-amplificador a la antena. Debe de ser lo más corto y de la mejor calidad posible, ya que las pérdidas de potencia en él, (Atenuación) pueden ser considerables. Merece realmente la pena invertir en cable y conectores de calidad. Un típico valor de perdidas es en la frecuencia de los 100MHz unos 4,3dB/100m, la atenuación aumenta si se aumenta la frecuencia que estamos trabajando.

El uso del cable coaxial es el más común debido a sus ventajas como línea de alimentación:

1. Está rápidamente disponible.
2. Es resistente al clima y elementos.
3. Iguala las impedancias de 50ohms con la mayoría de las antenas de aficionados.
4. Puede ser enterrado en la tierra si es necesario.
5. Pueden ser doblado, enrollado y correr cerca de metal, todo con muy pequeño efecto.

Su única desventaja es su valor por metro.

Los cables más comunes usados por aficionados son: RG-8, RG-58, RG-174 y RG-213. Los cables RG-8 y RG-213 son muy similares y tienen la menor pérdida de los mencionados. El RG-174 tiene la mayor pérdida de los cables y es sólo 1/8 de pulgada de diámetro. Este es normalmente usado para cables que conectan secciones de un transmisor o un receptor o para cables cortos de interconexiones en un sistema de baja potencia. También podría usarse como cable de alimentación para una estación portátil de HF.

Mientras más largo el cable coaxial, mayor atenuación. Los aficionados deberían tratar de usar siempre un cable coaxial y una antena que tengan iguales impedancias, para que así ellos pudieran cambiar el largo de la línea sin que afecte significativamente al sistema de antenas. Muy importante nuestra línea de alimentación sólo debe ser del largo suficiente para llegar a la antena y si podemos obtener un bajo ROE en la línea eso significa que la impedancia reconocida por el transmisor será la misma sin importar cuán larga sea la línea. También puede cortar o quitar el largo en exceso del cable para reducir la atenuación de la señal causada por la pérdida del sistema de antena.

### 7.3.2 Tipos de conectores comunes

Los conectores para cables coaxiales son muy importantes. El factor más importante cuando seleccionamos conectores es igualar a los conectores existentes en su radio y antenas. El más común de los conectores usados en HF y muchas radios de VHF es el conector SO-239. El que es el "hermano" de este conector es el llamado PL-259. Este, también a veces, es llamado conector UHF, aún sabiendo que no siempre es la mejor elección para las bandas de UHF.

Muchas radios de VHF y UHF, usan el conector BNC. Estos conectores están designados para usarse con cable coaxial RG-58 y producen una conexión de baja pérdida que, además, es a prueba de agua.

Siempre es buena idea chequear e inspeccionar los conectores coaxiales como una medida de rutina. Es importante asegurarse que ellos están limpios y bien firmes para minimizar su resistencia. Si creemos que podrían haber soldaduras de mala conexión, siempre deberíamos soldar otra vez las juntas sólo por prevenir males mayores. También es aconsejable usar selladores de coaxial en las conexiones a la intemperie con ese tipo de caucho que se moldea alrededor de los conectores y que los hacen aún más resistentes al clima y a prueba de agua. No utilice silicona ya que esta encierra aire y no causaría la protección deseada.

**Conector "UHF":** El conector "UHF" es el que se utilizaba antiguamente para frecuencias por encima de 50MHz (durante la Segunda guerra mundial, 100MHz se consideraba UHF). El conector UHF es principalmente una rosca económica para cualquier uso que no tiene realmente de 50 ohmios. Por lo tanto, se utiliza principalmente por debajo de 300 MHz. La potencia de este conector es de 500 vatios a 300 MHz. El intervalo de frecuencia es de 0-300MHz.

**Conectores "N":** Los conectores "N" se desarrollaron en los laboratorios Bell Labs justo después de la segunda guerra mundial, de modo que es uno de los conectores coaxiales de alto rendimiento más antiguo. Tiene un buen VSWR y una baja pérdida de 11GHz. Capacidad de carga de este conector es de 300 Vatios a 1GHz. El rango de frecuencia es de 0-11GHz.

**Conector "BNC"** Los conectores "BNC" tienen una interfaz de cierre de bayoneta que resulta perfecta para los usuarios que realizan muchas inserciones de conectar / desconectar. El conector BNC se utiliza por ejemplo en diferentes instrumentos de laboratorio y equipos de radio. El conector BNC tiene una frecuencia de corte mucho más baja y una pérdida más alta que el conector N. Los conectores BNC normalmente se encuentran disponibles en las versiones de 50 ohmios y de 75 ohmios. La capacidad de carga de este conector es de 80 vatios a 1GHz. El rango de frecuencia es de 0-4GHz.

**Conectores "TNC"** son una versión mejorada del conector BNC con una interfaz de rosca. La capacidad de carga de este conector es de 100 Vatios a 1GHz. El rango de frecuencia es de 0-11GHz.

**Conector "SMA"** Los conectores "SMA" o de miniatura se desarrollaron a mitad de los 60. Diseñados principalmente para cables con envoltura de metal y con un diámetro (0.141" OD y menos) pequeño semirígido. La capacidad de carga de este conector es de 100 Vatios a 1GHz. El rango de frecuencia es de 0-18GHz.

**Conector "7-16 DIN"** Los conectores "7-16 DIN" se han desarrollado recientemente en Europa. El número de pieza representa el tamaño de milímetros y las especificaciones DIN. Esta serie de conector bastante caro fue principalmente diseñado para aplicaciones de alta potencia donde muchos dispositivos se ubican (como los puntos móviles). La capacidad de carga de este conector es de 2500 Vatios a GHz. El rango de frecuencia es de 0-7.5GHz.

**Conector "F"** Los conectores "F" se diseñaron en un principio para las aplicaciones de 75 ohmios de gran volumen y de bajo coste, como TV y CATV. En este conector el centro del cable coaxial se convierte en el conductor central.

**"Conector IEC de antena":** Se trata de un conector de 75 ohmios de alto volumen a un coste muy bajo que se utiliza en las conexiones de antena y radio en Europa.

## 8 DIMENSIONADO PARTE RADIOFRECUENCIA

### 8.1 Ubicación de antena

Para tener una referencia sobre el dimensionado de nuestra radio y respecto las necesidades que los dirigentes de las ONG “Lõnyia” y “Beogo” nos han pedido hemos creado un modelo de cálculo de las posibles combinaciones entre altura de la antena, potencia emitida y distancia en Km que quiérenos cubrir con el alcance de nuestras emisiones. Este modelo esta creado con el Matlab, que es un programa de operaciones matemáticas muy conocido en el campo de las telecomunicaciones. Una vez encontrados los resultados que obtenemos sobre la potencia de nuestra emisora se demandara respecto a estos la licencia de la radio al gobierno de Burkina Faso y una vez comprobada la viabilidad técnica y legal del proyecto, demostraremos una lista de los equipos de transmisión, del control, la locución, y la transmisión de una emisora de radio, teniendo en cuenta las necesidades.

El centro constará de un lugar particular en cual su construcción será situada la radio y su antena, el cual es el más propicio para la situación de una nueva antena.

Para la instalación de la antena será necesario crear unas buenas bases de cimiento para poder anclar el mástil en donde irá sujeta la antena. Dado que unos buenos cimientos proporcionarán que el anclaje del mástil y la sujeción de la antena sean seguros.

#### 8.1.1 Antena

Es la parte más importante del sistema de comunicación, ya que es el elemento que va a convertir las ondas electrónicas en ondas radiales y debe de tener una debida proporción compensada, sub-múltiplo de Lambda para la frecuencia que se está utilizando.

Las antenas se caracterizan eléctricamente por una serie de parámetros, estando los más habituales descritos a continuación:

Diagrama de radiación (Patrón de radiación): Es la representación gráfica de las características de radiación de una antena. Es habitual representar el módulo del campo eléctrico o la densidad de potencia radiada, aunque también se pueden encontrar diagramas de polarización o de fase.

Ancho de banda: Es el margen de frecuencias en el cual los parámetros de la antena cumplen unas determinadas características. Se puede definir un ancho de banda de impedancia, de polarización, de ganancia o de otros parámetros.

Directividad: Es la relación entre la densidad de potencia radiada en la dirección de máxima radiación, a una cierta distancia  $r$  y la potencia total radiada dividida por el área de la esfera de radio  $r$ . La directividad se puede calcular a partir del diagrama de radiación. La ganancia de una antena es igual a la directividad multiplicada por la eficiencia.

Ganancia: Es la relación entre la densidad de potencia radiada en la dirección del máximo a una distancia  $r$  y la potencia total entregada a la antena dividida por el área de una esfera de radio  $r$ . La eficiencia de una antena es la relación entre la ganancia y la directividad. Dicha relación coincide con la relación entre la potencia total radiada y la potencia entregada a la antena.

Impedancia de entrada: Es la impedancia de la antena en sus terminales. Es la relación entre la tensión y la corriente de entrada:

$$Z = \frac{V}{I}$$

La impedancia es compleja. La parte real de la impedancia se denomina Resistencia de Antena y la parte imaginaria es la reactancia. La resistencia de antena es la suma de la resistencia de radiación y la resistencia de pérdidas. Las antenas se denominan resonantes cuando se anula su reactancia de entrada.

Anchura de haz: Es un parámetro de radiación, ligado al diagrama de radiación. Se puede definir el ancho de haz a  $-3\text{dB}$ , que es el intervalo angular en el que la densidad de potencia radiada es igual a la mitad de la máxima. También se puede definir el ancho de haz entre ceros, que es el intervalo angular del haz principal del diagrama de radiación, entre los dos ceros adyacentes al máximo.

Polarización: Las antenas crean campos electromagnéticos radiados. Se define la polarización electromagnética en una determinada dirección, como la figura geométrica que traza el extremo del vector campo eléctrico a una cierta distancia de la antena, al variar el tiempo. La polarización puede ser lineal, circular y elíptica. La polarización lineal puede tomar distintas orientaciones (horizontal, vertical,  $+45^\circ$ ,  $-45^\circ$ ). Las polarizaciones circular o elíptica pueden ser a derechas o izquierdas (dextrógiras o levógiras), según el sentido de giro del campo (observado alejándose desde la antena). Se llama diagrama contrapolar el diagrama de radiación con la polarización deseada y diagrama contrapolar (*Crosspolar*, en inglés) al diagrama de radiación con la polarización contraria.

Las antenas son elementos pasivos, y por si solas no son capaces de amplificar una señal. La ganancia de una antena se refiere a su capacidad de direccional la señal en un sentido de propagación, disminuyendo la energía irradiada en las otras direcciones. Las ganancias de la antena transmisora o receptora, pueden obtenerse de los datasheets el fabricante

y deben estar expresadas en dBi (dB referidos a la antena ideal isotrópica. La antena isotrópica es aquella cuyo patrón de irradiación es una esfera perfecta, irradia por igual en todas las direcciones).

Hay dos tipos que se utilizan mayormente, direccionales y omnidireccionales. En direccionales normalmente son Dipolos cortados a submúltiplos de la frecuencia utilizada para irradiación hacia un punto determinado según su lóbulo de irradiación del fabricante y las omnidireccionales son generalmente verticales para irradiar hacia todos lados a la vez. Aunque también hay antenas multibanda pero no se puede alcanzar una buena sintonía.

En términos generales, cuanto más direccional es una antena (más ganancia tiene) mayor es la distancia que se puede alcanzar con la misma, pero también mayor es el cuidado requerido para su montaje y alineación. En general, se puede calcular la Directividad de este cierto tipo de antenas,  $D_0$ , con la siguiente expresión, donde  $S$  es el área y  $\lambda$  es la longitud de onda:

$$D_0 = 4\pi \frac{S}{\lambda^2}$$

Se recomienda no utilizar frecuencias a las que no corresponde la antena porque puede malograr el equipo de comunicación hasta quemar el integrado de potencia por el retorno de potencia no transmitido, (ROE).

Formula: 
$$\lambda = \frac{300000(\text{velocidad\_de\_la\_luz})}{\text{Frecuencia\_en\_KHz}}$$

La señal que sale del amplificador viaja en un tipo especial de alambre que esté conectado con la antena. Este alambre especial se diseña para guardar las ondas de radio adentro. Permanecen dentro del alambre hasta que consiguen llegar a la antena. La antena deja las ondas de radio libres y así pueden volar a través del aire hasta una radio receptora donde serán transformadas y oídas. La antena es una forma y de un tamaño especiales. La forma de la antena determina la dirección que viajarán las ondas de radio. Algunas antenas se diseñan para direccionar las ondas de la radio en apenas una dirección. La antena que utilizamos envía las ondas de radio hacia fuera en todas las direcciones en el mismo tiempo.

El tamaño de la antena es muy importante. Puede ser que pensamos que si es grande es bueno, más grande es mejor. Pero tampoco esto es del todo cierto. Cada frecuencia tiene algo llamado una longitud de onda. La mejor longitud para una antena se relaciona con la longitud de onda de la frecuencia que es utilizada por el radiotransmisor. La longitud de la antena tiene una relación de 5/8 con la longitud de onda. Y como la radio emisora siempre tendrá fija su frecuencia, tendríamos que ajustar la longitud de la antena respecto a esta relación.

La ganancia de la antena será la relación entre la potencia necesaria a la entrada de una antena de referencia y la potencia suministrada a la

entrada de la antena en cuestión, para que ambas antenas produzcan en una dirección dada, el mismo campo electromagnético a la misma distancia.

Para realizar la elección de la antena se ha buscado un modelo que tuviera las siguientes características:

Tiene que ser una antena de polarización omnidireccional.

Para conseguir una ganancia superior se utiliza una agrupación de antenas (array), en concreto un cuadripolo.

La antena elegida es un modelo de Dipolo vertical de banda estrecha. Esta antena cumple todas las normativas de la UIT explicadas en el (Anexo II). Para el cálculo de las características de la antena hemos utilizado el programa utilizado en el (Anexo III). Y para la instalación de la antena seguiremos las indicaciones del (Anexo IV).

La utilización de este tipo de antena conlleva, el cumplimiento de una serie de normas que están mencionadas y explicadas en el documento presentado (Anexo I).



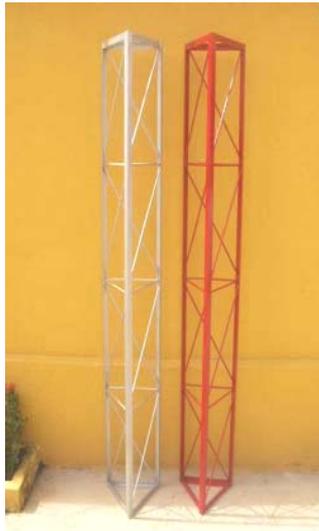
**Imagen 8-1. Antena de 4 dipolos omnidireccional**

### **8.1.2 Mástil**

Para el estudio realizado y las necesidades de transmisión, el mástil será de unos 25-35m aproximadamente esto depende de los cálculos del dimensionado.



**Imagen 8-2. Cabeza de torre de antena**



**Imagen 8-3. Módulo de torre de antena**

Si se decidirá por motivos de transporte y coste que se construye allí el mástil, considerando el esquema que tienen los módulos de mástil comerciales, se diseñara algo parecido formado de tres barras de material galvanizado de longitud de 30 m cada una, y hacer unos módulos de 3 m cada uno, porque con este tamaño será fácil levantarlos y sujetarlos sin la ayuda de maquinaria, que quizás su inexistencia o su coste sería inaccesible en Burkina Faso. Estos formarían un tronco trigonal gracias al soporte de cuatro triángulos equiláteros de 30 cm que estarían en puntos equidistantes entre un extremo al otro de cada modulo (cada 0.75 m), entre ellos y también, para dar un refuerzo más la diagonal entre cada dos triángulos se pondrá una lama de 0.807 m, y esto a las tres laterales del tronco. Así daremos una fijación sólida a la estructura del mástil y su conexión con su base construida como se explica en ANNEXO IV, capaz de soportar vientos de más de 100Km/h. En totalidad se necesitaran 232 m de material que podremos elegir respecto los diferentes tipos de hierro que seremos capaces de encontrar en Burkina Faso, como barras de hierro de 30mm y de 12mm de grosor, 90m y 142m de material respectivamente. Se utilizaran doce cables que se llaman contra-vientos o simplemente vientos, los cuales tienen que ser cables acerados para su mejor sujeción para que no se mueva. Estos en grupos de tres estarán atados en cuatro puntos equidistantes del mástil, cada 7.5 , así tenemos cuatro diferentes longitudes de cable, de 8m, 15.3m, 22.7m y 30.15m o en cada dos tramos de la torre, se tienen que asegurar al suelo en ángulos de 45 a 60° grados en puntos de anclaje en la estructura metálica del edificio, casa o prefabricado, donde va un templador en cada extremo. En nuestro caso, su otro lado de un cable de cada altura estará sujeto en uno de los tres anclajes fijados a tres pequeñas bases de cimiento a una radio de 3 m de la base de la antena y equidistantes entre sí.

## Calculo del peso total del mástil utilizando MATLAB:

```
% dimensionat de la torre de 30m
%
% paràmetres

n=10;%10 trams de 3 m
a=.3;%costat triangular de 30cm
b=.75;%espai entre triangles horitzontals
c=sqrt(a^2+b^2);%mida dels tirants diagonals
d1=30e-3;
d2=12e-3;
densitatFe=7.8e3;%kilos per m3

% varilla de 12mm
L_d1=n*3*3;

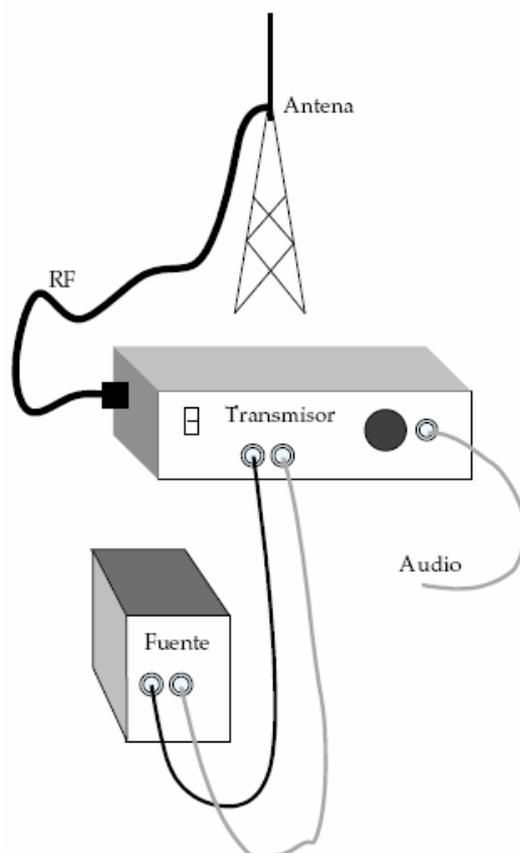
% varilla de 6mm
L_d2=n*((3/b)*3*a+(3/b)*3*c);

% volum
v=L_d1*pi*(d1/2)^2+L_d2*pi*(d2/2)^2;

% pes
Pes_calculat=v*densitatFe

>>
Pes_calculat = 613.4826Kg
```

A cualquiera de ellas por estar expuestas a los cambios climáticos en forma externa se le debe dar un mantenimiento preventivo anual y contra la oxidación con un lijado y aplicación de Pintura Anticorrosiva Hepóxica a Peroxilina. Y por Ley encima alternar Blanco y Rojo, de tener una altura donde pueda haber tránsito aéreo una Luz de Balizaje para las noches.



**Imagen 8-4. Modelo simplificado de una emisora**

Así con este modo será fácil de montar los módulos entre dos personas, sin la ayuda de maquinaria solamente siguiendo las instrucciones de la construcción y montaje, que se explica aquí y en el ANNEXO IV. También se tienen de incluir los gastos de la persona que va a soldar y construir los módulos del mástil y también para una protección contra, la única amenaza natural del equipamiento inalámbrico, que son los rayos eléctricos. Hay dos formas diferentes mediante las cuales un rayo puede dañar el equipo: con un impacto directo o uno inducido. Los impactos directos son cuando el rayo realmente alcanza la torre o la antena. El impacto inducido se produce cuando el rayo cae cerca de la torre. Imagine un relámpago cargado negativamente. Como las cargas se repelen entre sí, hará que los electrones en el cable se alejen del rayo, creando corriente en las líneas. Esta es mucha más corriente de la que el sensible radio puede manejar. En general, cualquier tipo de rayo va a destruir el equipo que esté sin protección.

Comenzando en la base misma de la torre que está bajo tierra. Después de colocar los cimientos de la torre, pero antes de que el pozo se llene nuevamente, se debe instalar un aro de alambre trenzado grueso para hacer tierra, extendido bajo la superficie y sobresaliendo de la misma cerca de la pata de la torre. El alambre debe ser por lo menos AWG #4 (*American Wire Gauge*) o más grueso. Adicionalmente, se debe enterrar una jabalina, y conectarla también a la torre en el mismo punto.



**Imagen 8-6. Torre con un cable de cobre grueso conectado a tierra.**

Es importante tener en cuenta que no todos los metales conducen la electricidad de la misma forma. Algunos metales actúan como conductores eléctricos mejor que otros, y las diferentes capas existentes en la superficie también pueden afectar cómo el metal de la torre maneja la corriente eléctrica. El acero inoxidable es uno de los peores conductores, y las capas contra la herrumbre como los galvanizados o la pintura reducen la conductividad del metal. Por esta razón se coloca un alambre de tierra trenzado desde la base de la torre hasta la cima. La base necesita estar apropiadamente unida a los conductores provenientes del aro y de la jabalina. La cima de la torre debe tener una jabalina pararrayos, terminada en punta. Cuanto más fina y aguda sea la punta, más efectivo será el pararrayos. El alambre de tierra trenzado desde la base tiene que terminarse en esta jabalina. Es muy importante asegurarse de que el alambre de tierra esté conectado al propio metal. Cualquier tipo de capa, como la pintura, debe removerse antes de que se coloque el alambre. Una vez que se hizo la conexión, si es necesario, el área expuesta puede repintarse, cubriendo el alambre y los conectores para proteger a la torre de la herrumbre y la corrosión.

## **8.2 *El equipo del transmisor y sus componentes***

### **8.2.1 *Equipo de transmisor***

El "corazón" de la radio es el transmisor. El transmisor puede no parecer gran cosa en simple vista. En hecho, es probablemente la mayoría del pedazo aburrido de equipo en el estudio entero. Pero sin él, no habría manera de transmitir, o de enviar, la señal sobre la banda que quiérenos transmitir, en nuestro caso banda comercial FM. El transmisor tiene

solamente un control en el frente que es el interruptor con. /desconectar (ON/OFF). Dentro del transmisor están algunos controles que se han fijado ya y que no necesitan ser ajustados. Un control que está dentro de la caja del transmisor se determina qué frecuencia será utilizada. Diversas estaciones de radio tienen diversas frecuencias. Si no, oiríamos todas las emisoras en el mismo tiempo. La mayoría de las estaciones de radio comerciales están en la banda de la AM o la banda de FM. La radio del centro de documentación en Koudougou será diseñada para funcionar en la banda de FM. Las estaciones de radio en la banda de FM son asignadas con una frecuencia particular por la comisión estatal de las comunicaciones, que es la agencia que regula y controla los locutores de radio. Sabemos que están situados en una frecuencia determinada para cada emisora entre los 88 y 108 megaciclos o mega hertzios que son una medida de la frecuencia. La frecuencia de nuestra radio será respecto las frecuencias de las otras 4 radios de la zona de Koudougou, para evitar problemas de solapamiento de la nuestra por las demás o también de la suya por la nuestra, cosa que es ilegal y por este motivo la contraparte tendrá de solucionar el problema de las licencias antes del comienzo de la instalación.

Otro control que está dentro de la caja del transmisor fija el volumen de la señal que será transmitida. Y como la radio del centro será transmitida en estereofonía, hay un control que fija el volumen del canal izquierdo (el sonido que sale del altavoz izquierdo en una radio estéreo) y de un control separado que fije el volumen del canal derecho (el sonido que sale del altavoz derecho en una radio estéreo).

En la parte posterior del transmisor están varios enchufes. Uno de los enchufes es donde la antena será conectada. Otro es donde la señal audio para el canal izquierdo será conectada. El tercero, y último, es donde la señal audio para el canal derecho será conectada. Usar el transmisor es simple. En la operación normal, estará encendido y no requerirá ningún ajuste.

Debemos considerar dejar un espacio circundante de al menos 1,5 metros como mínimo sobre las caras que requieren acceso, para poder realizar las tareas de mantenimiento de rutina o reparaciones, con comodidad. Se deben suministrar con conductos de acceso para el suministro de energía eléctrica, el audio y los datos en forma separada para evitar interferencias entre señales. Estos conductos pueden ser bajo suelo, aéreos en bandejas o la combinación de ambos.

Es necesario un equipo transmisor que amplifique la señal emitida, hoy en día existen muchos equipos que reúnen los requisitos para una instalación de radiodifusión de corto alcance. El transmisor proyectado será el Transmisor FM 25B (Link):



**Imagen 8-7. Transmisor**

La tecnología actual, permite construir equipos electrónicos cada vez de menor tamaño, y a menor costo, sin menoscabo de las características y la bondad de funcionamiento. Este es el caso de la nueva serie INTEGRAL de transmisores de FM, que LINK Comunicaciones S.A. lanza al mercado.

Pensado principalmente para Radios Locales, los transmisores de la Serie INTEGRAL, reúnen en un solo equipo, todos los elementos de un transmisor de FM, como son:

La etapa AMPLIFICADORA DE POTENCIA

La etapa "DRIVER"

El EXCITADOR con programación sintetizada.

El GENERADOR ESTEREO

Sistemas de protección frente a exceso de REFLEJADA, SOBREINTENSIDAD y SOBRETENPERATURA.

### **8.2.2 Amplificador**

La señal que sale de la parte posterior del transmisor es muy débil. En vez de conectar la antena directamente con el transmisor, conectamos el transmisor con un amplificador. El propósito del amplificador es hacer la señal más fuerte. El amplificador tiene solamente un control, que es un interruptor con. /desconectar (ON/OFF). Hay dos enchufes en la parte posterior del amplificador. Uno se utiliza para conectar con la antena. El segundo se utiliza para conectar con el transmisor. En la operación normal, el amplificador está encendido y no requerirá ningún ajuste.



Imagen 8-8. Amplificador RAMSEY

### 8.2.3 Consola de Radio (Mesa mezcladora)

De este modo se denomina a la mesa de mezclas en el mundo de la radio, es uno de los dispositivos que requiere un alto grado de reflexión a la hora de decidirse por una u otra. El mercado ofrece gran variedad de mesas radio, tenemos varias marcas: AEQ, Soundcraft, Link, Comunicaciones, ACV, Pradigm, Yamaha, Solidyne, etc.

Cuando escuchamos una estación de radio, podemos notar varias cosas que requieran el uso de un mezclador. Por ejemplo un locutor que el habla al principio o al final de una canción o una canción que se descolora en otra canción. Eso se hace con un mezclador. Un mezclador permite diversas fuentes (micrófonos, los lectores de cd, las llamadas telefónicas, etc.) que sean mezcladas juntas. Cada fuente se dirige en un diverso canal en el mezclador. Cada canal tiene su propio control de volumen. Que con esta manera, el locutor puede controlar cómo será de ruidoso cada canal y como suena en relación a las otras. Un mezclador típico de la radio permite que ocho diversas fuentes sean mezcladas juntas.

Además de las diversas casas de dónde escoger el producto, actualmente también debe hacerse otra valoración: ¿mesa analógica o digital? Puntos a estudiar para la selección de una mesa deberemos definir los siguientes: el fabricante, características, necesidades de la radio, presupuesto y funcionalidad de la mesa.

Actualmente existen mesas mediante los cuales es posible el control centralizado de toda la emisora, con grandes matrices, procesador efectos, configuración de toda la mesa personalizada para cada técnico, etc. El objetivo de este proyecto no es disponer de última tecnología, sino cubrir las necesidades de nuestra radio. Así dado el diseño hecho del estudio de radiodifusión, la mesa tendrá como mínimo, 8 líneas Mono para los micrófonos y dos líneas estéreo para las mezclas de audio.



**Imagen 8-9. Consola de directo Mackie CFX 12.**

#### **8.2.4 Compresor o Puerta de ruido**

El compresor es una herramienta muy importante, la cual nos permite abrir y cerrar los micrófonos automáticamente estableciéndole un nivel de potencia de entrada para su apertura. Si hacemos una busca a nuestra radio receptora a través del dial, podemos notar que diversas estaciones de radio son en el mismo nivel de potencia acústica que las demás. Sin necesidad de fijar el volumen en uno y cambiarle el nivel en un otro. Las estaciones hacen que todo el sonido de la música producida sea tan ruidoso justo como un otro, utilizando sus ajustes del control de volumen mucho, naturalmente, pero también utilizan un equipo llamado un procesador de la señal. El procesador de la señal ayuda a cerciorarse de que la señal que entra el transmisor es tan fuerte como puede estar sin ser demasiado fuerte.

El compresor también nos sirve para equilibrar y unificar las señales de todos los micrófonos. Este procesador de dinámica se utiliza en tertulias. En programas en qué está bien definido el desarrollo, no es necesario, pues el técnico ya controla la salida de los micrófonos y los abre y valla según lo guión. Pero en el caso de los tertulias, que los micrófonos deben permanecer siempre abiertos, y es posible que haya cambios de dinámica en la conversación, es cuando se utiliza el compresor, equilibrando y unificando las señales de todos los micrófonos.



**Imagen 8-10. Compresor MDX4600 MULTIGATE PRO de Behringer**

El compresor que se ha escogido es el modelo XR 4400 MULTIGATE PRO de Behringer:

El MULTICOM PRO-XL MDX4600 le entrega 4 canales de control de dinámicas de primera clase en un solo espacio rack. Con una multitud de características nuevas como el avanzado expansor/puerta de programa

adaptable, medición extensa, más una variedad de opciones de configuración, el MULTICOM PRO-XL le agrega un montón de poder para el procesamiento de dinámicas en su rack.

### 8.2.5 Micrófonos

En este caso, como deben captar señales de voz, deben tener una buena respuesta frecuencial en la banda de la voz humana. No sólo la respuesta frecuencial es importante, sino la relación señal ruido y la direccinamiento de este. En este caso interesa unos micrófonos directivos, que capten el sonido de la voz, pero no el sonido de los papeles de los tertulianos, el movimiento de estos o incluso la entrada y la salida a la sala. Para evitar estos ruidos externos nos ayudaremos con fundas anti-vientos.

Este micrófono sirve para que el técnico de la sala de control se pueda comunicar en todo momento con el personal del locutorio. En nuestro caso la sala de control y locutorio son una misma sala, por tanto es posible que el locutor sea el propio técnico. Se ha escogido el SM-58 (SHURE):



**Imagen 8-11. Microfon Shure SM 58 anti-viento y soporte anti-vibrador.**

Los micrófonos son muy específicos según la función que se les quiera dar.

En este caso, como que deben captar señales de voz, deben tener una buena respuesta frecuencial en la banda de la voz humana, que comprende frecuencias entre los 90 y 330Hz (se define para los hombres una frecuencia de 100Hz, para las mujeres de 220Hz y para niños de hasta 300Hz). No sólo la respuesta frecuencial es importante, sino la relación señal ruido y la directivita de este. En este caso interesa unos micrófonos directivos, que capten el sonido de la voz, pero no el sonido de los papeles de los tertulianos, el movimiento estos o incluso la entrada y la salida estos a la sala. Una característica importante del micrófono es el tipo micro, dinámico o de condensador. Si es de condensador, la mesa de sonido deberá suministrar una alimentación (denominada phantom) al micrófono para que este funcione.

En muchos casos, los pies de estos micrófonos, para estas aplicaciones tienen el fondo de goma, de forma que no se siente el movimiento de estos ni se producen vibraciones, en nuestro caso y con este tipo de micros no utilizaremos este elemento. Nos serviremos de pequeños

trípodes. Por último, los anti-vientos son unas fundas de espuma que se colocan en las cápsulas de los micrófonos, evitando de esta manera que se capte el viento que se produce al hablar, y efectos como los de las pes (p) o las eses (s). Hace falta recordar que no todos los tertulianos son del mundo de la radio y por lo tanto no conocen las mejores técnicas de locución, como un profesional.

### 8.2.6 Auriculares y monitores de escucha

Este equipamiento es importante para el técnico que esté haciendo la mezcla.

Los monitores, le permiten que escuche lo que se emite en directo y entre la infinidad de marcas y modelos disponibles en el mercado se han escogido monitores de gama media, de la marca: Behringer, modelo MS-16.



Imagen 8-18-2. Caja acústica Edifier R1000TCN

Las consolas escogidas para la emisora disponen de monitor para escuchar la señal de salida enviada al transmisor. Si tenemos el mismo locutor que técnico la salida se conectará a los auriculares. Estos monitores servirán para escuchar la señal recibido por el sintonizador y comprobar el correcto funcionamiento de la señal transmitida.

#### Características principales:

Potencia: 8W x 2 RMS

Respuesta de frecuencia (amp.): 20 Hz ~ 20kHz

Respuesta de frecuencia (sistema): 55Hz ~ 20kHz

Controles: volumen, súper Bass

Doble entrada estéreo: (4 canales), realce de agudo en la entrada "A"

Sensibilidad de entrada: 0,6V (amplificador)

Realce automático de agudo: aprox. 9dB (@10kHz)

Impedancia: 8Ohm

Dimensiones (cada unidad): 148(L) X 226(A) X 161(P)mm

Peso total: aprox. 6.5kg

Alimentación: 100 ~

Aparte de los monitores, el técnico normalmente trabaja también con auriculares. Esto le permite que, por ejemplo, mientras por los monitores

se emite el programa en directo, él mediante los auriculares busca un corte o tiempo concreto de un CD de música para lanzar-la a continuación. Los auriculares escogidos son de la casa AKG, exactamente el modelo k66. Se trata de un modelo de gama media, que se adecua tanto técnicamente como a nivel económico.



**Imagen 8-18-3. Auriculares AKG K-55**

### **8.2.7 Cables coaxiales y conectores**

Una de las piezas que no se da tanta importancia, porque no es tan obvia es la línea radioelectrónica con su juego de conectores a cada extremo correspondiente que va a subir la transmisión para irradiarla, uniendo el equipo transmisor y la antena. Se recomienda que tenga un múltiplo o sub-múltiplo del Lambda, si se va a utilizar una frecuencia fija. Se recomienda que esta línea no sea muy extensa, ni muy delgada, que tenga 50 ohmios y la calidad adecuada, que no haga vueltas con el cable o tenga varias extensiones ya que en ese camino la transmisión va a tener pérdidas de potencia, medido en decibeles, que se va perder tan solo en el trayecto, y su cualidad afectara todos los equipos de la radio. Por ejemplo, en una distancia de 30 metros tienen los cables del tipo que se utiliza, una perdida aproximada a 4 dB. Por supuesto, cada fabricante ofrece su lista de Cables con su respectiva perdida de en decibeles. Se ha procurado escoger un cable con pocas pérdidas para que estas influyan lo mínimo posible respecto a los cálculos realizados con anterioridad. Cuando se necesite cubrir mayor distancia entre el Transmisor y la Antena es más recomendable utilizar un cable de mayor dimensión, con sus respectivos conectores de mejor material, aunque su costo se eleva, pero podría ser un Cable Heliac de 1/2" 3/4" o 5/8" de pulgada según la necesidad.

- Cable Heliac de 1/2 pulgada. (20metros)
- 5 Conectores "N" macho.

Los cinco conectores son necesarios para las conexiones:

- 1) Mesa de mezclas - excitador.
- 2) Excitador - Cable
- 3) Cable -Transmisor.
- 4) Transmisor - Cable.
- 5) Cable – Antena

### **8.3 Conclusiones técnicas**

Al realizar el estudio de la radio hemos podido constatar la necesaria implementación de una herramienta para el acercamiento de los estudiantes a la universidad. Promoviendo, organizando las diversas actividades de los estudiantes de las escuelas de Koudougou, tanto las culturales, como conferencias y otras actividades. Llegando a ser la herramienta más importante de comunicación entre la totalidad de la comunidad del área de Koudougou, siendo necesaria la colaboración de todos, dando a conocer las opiniones de cada uno libremente.

Con el fin que los voluntarios sean los que dinamizan las actividades proponiendo temas y dando el soporte para facilitar la realización de la radio. Nos gustaría que la radio forme parte de su vida en el centro, participando activamente en todas las oportunidades que ella ofrece.

De la realización del nuestro proyecto destacaríamos las conclusiones técnicas que se expliquen en continuación.

El hecho que cada uno de los participantes tiene estudios y titulaciones diferentes, ha estado muy beneficioso por compartir conocimientos y por trabajar en equipo.

Nos hemos podido familiarizar aún más con la tecnología Radiofónica en modulación FM estéreo, que se había visto en la carrera universitaria.

Se han hecho unos estudios extensivos de los mejores equipos de transmisión en cada caso. Así, se ha podido conocer el funcionamiento de los equipos.

Y esperamos que con esta imagen, que se muestra abajo, se pudiera dar una vista general, de lo que se explica entre este capítulo y el próximo, se plantearía la conexión entre los diferentes oponentes de la emisora. Y ayudar a los voluntarios que trabajar en la radio tanto en la parte técnica como también los locutores, que en principio necesitaran asimilar varios conceptos y conocer varias tecnologías que no tenían oportunidad de conocer hasta ahora, o porque no son económicamente alcanzables y también tecnológicamente son de un mayor nivel de que se usa cotidianamente.



## **9 DIMENSIONADO PARTE SONIDO**

### **9.1 Equipamiento y características del estudio**

#### **9.1.1 Ubicación del estudio de radio difusión**

Para conseguir una óptima instalación, y obtener las mínimas pérdidas de potencia posibles, el estudio debe estar lo más próximo posible a la ubicación de la antena utilizar menos cable por economía y mejor funcionamiento. Por este motivo, la mejor opción seleccionada será mediante el estudio realizado y gracias a los esfuerzos económicos de la ONG Beogo, que ha reunido fondos para la compra de un terreno que constará de un espacio dedicado para el centro de documentación y la instalación de la radio.

También hemos podido asegurar que dispondrá de una sala preparada para la instalación de los equipos de radiodifusión y ningún estudio desde el que se pueda realizar los programas para la emisión en directo, por este motivo la colaboración con unos participantes a este proyecto responsables de la construcción de todo el centro se basaran en este estudio para construir lo mejor que podría servir para dicha función. La emisora de radio estará situada en la parte más alta del edificio del centro para tener mayor ganancia posible.

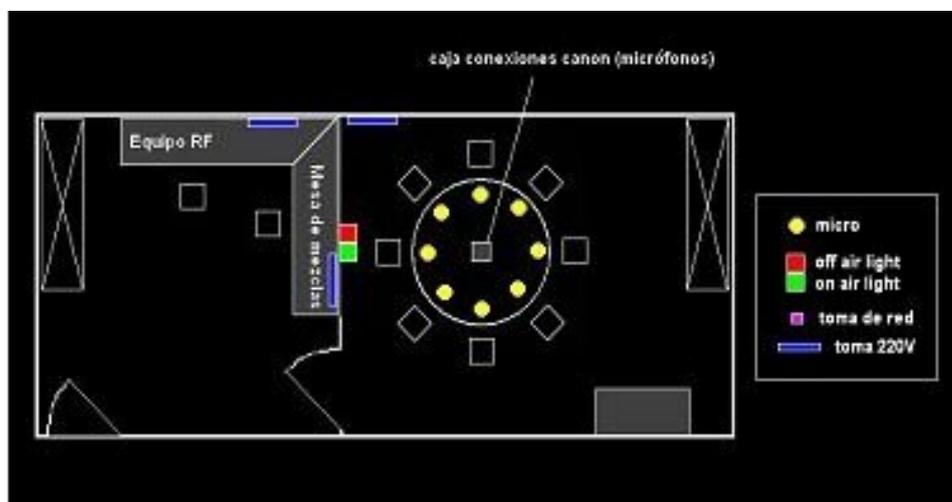
#### **9.1.2 Características del estudio de Radiodifusión**

Las características que debe cumplir el estudio de Radiodifusión para que la emisión de los programas en directos sea de buena calidad, son:

La sala debe constar de dos habitáculos, uno de ellos será de uso exclusivo para el técnico de sonido. En él se instalarán todos los equipos que se utilicen para la emisión de programas en directo y en diferido. La fijación de los equipos dentro de esta sala se hará de forma que sea lo más cómodo y práctico posible para el técnico, ya que será él, el que maneje todos los equipos.

El segundo habitáculo de la sala, será el espacio dedicado para los locutores que hagan los programas de radio. Este espacio deberá constar como mínimo, de una mesa, sillas y micrófonos suficientes para la realización de una entrevista (4 o 5 de cada). Generalmente un pequeño escritorio y una silla donde realizar las tareas de rutina durante el mantenimiento y reparaciones, también donde apoyar el libro de guardia para su rúbrica obligatoria por el personal habilitado.

La segunda parte del diseño de los espacios de la radio es equiparlos con todo el material técnico necesario para llevar a término las funciones que se realizan. Mesa y respectivas sillas para los tertulianos. A continuación se muestra una mesa diseñada en una especialmente para locutorios de radio. Su precio es muy elevado, de manera que se comprara una mesa estándar.



**Imagen 9-1. Equipamiento de las salas**

**Sillas:** Una característica muy positiva de las sillas de una radio es que sean de un tejido más bien absorbente. Han de ser unes sillas cómodas, que en todo caso absorban, que no produzcan reflexiones. Otra característica importante son los pies de los patas: en una sala dónde se pretende haya el mínimo ruido posible, no se puede descuidar el movimiento de las sillas. Este modelo también es muy elevado de manera que se utilizaran modelos más corrientes.



**Imagen 9-2. Sillas para el locutorio SIL.**

**Armario:** Es necesario también un armario dónde almacenar todos los CD's musicales, librerías, etc de qué disponga la radio, así algunos cables de audio. A parte, debe tener apoyo de grabación virgen: CD,

cintas de caseta. Disponer de un armario o cajonera para almacenar los materiales de uso frecuente y los repuestos de los equipos es fundamental para dar una respuesta eficaz sin importar día ni hora.

## **9.2 Equipamiento de la sala de control y del locutorio**

A continuación se expone un listado con los componentes de la radio tanto de la parte radiofónica como también parte del sonido y complementos del estudio de radiodifusión que no se pueden categorizar en ninguna de las dos partes anteriores, pero su presencia es necesaria y son utilizados en emisoras convencionales de radio. Al tratarse de una emisora para motivos de un uso no tan profesional y porque las necesidades que se este equipamiento se reduce considerablemente, pero no queda descartado para posibles ampliaciones de la emisora.

Los dispositivos que se utilizaran para este proyecto son los siguientes:

- Consola de radio
- Micrófono talkback
- Auriculares para el técnico
- Monitores
- Compresor
- Sintonizador
- Patch panel
- Amplificador
- Reproductor/grabador de CD o de DVD
- Procesador de efectos
- Mezclador de micrófonos
- Aparato grabador de programas
- Luz "ON AIR"
- Reloj
- Teléfono

### **9.2.1 Reproductor/Grabador:**

Hoy en día existen multitud de reproductores que pueden servir para realizar las mezclas en la cabina de radiodifusión. Con un reproductor que tenga una carga para 2 Cd será suficiente.

Por calidad se ha escogido, de entre las muchas marcas, una muy utilizada en emisoras de radio. DENON DCD-685.



**Imagen 9-3. M-280. Reproductor de Cd de DENON**

Características principales:

- a) Lector CD de 5 discos.
- b) Lectura de MP3.
- c) Lectura de discos de CD-R/RW.
- d) Nuevo mecanismo silencioso.
- e) Salida Digital Coaxial.

### **9.2.2 Rack del equipo Transmisor**

Se ha escogido un rack donde se centralizan los equipos periféricos de la planta, como el procesador de audio, rds, distribuidores, codificadores digitales, enlaces transportes de programa fijos y móviles, monitores, moduladores sca, etc.

Un diseño cuidado y prolijo es imprescindible para evitar ruidos y zumbidos generados por una puesta a masa incorrectamente instalada y además para facilitar las tareas de mantenimiento y eventuales mejoras o ampliaciones. Un modelo de rack de unas 10 unidades, para colocar los dispositivos de grabación y reproducción que se situarán un poco alejados del equipo de transmisión. Que por ahorrar gastos de transportación será construido en la ciudad de Koudougou, de un taller local, respetando las medidas de los que existen en el comercio.



**Imagen 9-4. Rack RS-510**

### 9.2.3 Sintonizador de emisoras

Todas las emisoras disponen de un sintonizador de radio, su señal salida sirve de entrada en la mesa, y es la que técnico escucha. El escogido para la radio es el modelo Único TU 108.



**Imagen 9-5. Sintonizador Único TU 108**

#### Características principales:

- a) Sintonizador digital de AM/ FM estéreo.
- b) Respuesta en frecuencia de 50Hz a 15kHz.
- c) 24 estaciones de memorias (8am / 16fm)
- d) Peso aproximado 2,1Kg
- e) Dimensiones externas 432 x 70 x 220.
- f) Especificaciones técnicas.
- g) Impedancia de antena: 75Ohms.
- h) Franja de sintonía: FM - 87,5 a 108MHz
- i) Consumo: 7 Watts máximo
- j) Alimentación: 110/220 vac 60hz
- k) dimensiones externas (mm): 1= 432 (sin alza) la=70 p=220
- l) Incluye función RDS.

### 9.2.4 Cables/Jaks

Serán necesarios distintos cables para conectar el compresor a la mesa de mezclas, en concreto 3, el mismo número de cables que micros. Los conectores serán del tipo 'insert' con conectores JACK/JACK. Tenemos muchos tipos y marcas. Hemos escogido una de calidad y precio intermedios:



**Imagen 9-6. Cable Jack/Jack. QUIK LOK modelo S-197 de 6 metros**

También serán necesarios cables para conectar los micros a la consola con conectores XLR. Dentro de la gran oferta de este tipo de productos hemos escogido el siguiente modelo, por las mismas razones que en el caso anterior:



**Imagen 9-7. Cable LIGHT IEI-20 canon/canon, modelo CM 200 F.**

### **9.3 Características del servidor**

#### **9.3.1 Características del ordenador**

Para la radio el PC del estudio se va a utilizar simultáneamente como reproductor de música y para ayudar en el proceso de su calidad y posteriormente emisión de la señal de la radio. Por estos motivos, se elegirá un ordenador pensador para ser utilizado como servidor, con el cual garantizamos poder ejecutar las dos aplicaciones a la vez, sin ninguna dificultad. Está dotado de un procesador de cuatro núcleos y 4Gb de memoria RAM, con la cual cosa garantizamos poderlo utilizar de modo multitarea. Para utilizarlo como reproductor de música, tendrá lector-

grabador de DVD/CD con la cual cosa también podremos grabar algún programa si alguien nos lo pide, y también estará dotado de 500Gb de disco duro, con los cuales nos va a caber un montón de horas de música. Todo esto irá acompañado de un monitor TFT de 19", para poder trabajar cómodamente con el programa elive5, y los demás programas que pudieran hacer falta. También una de sus cualidades no será tanto su potencia de procesamiento porque por la gestión de canciones y los simples programas no será importante algo más de un típico ordenador del mercado, sino su resistencia en el trabajo continuo y su diseño para resistir en condiciones extremas contra el polvo y la temperatura, serán importantísimas para el futuro del proyecto.

#### Características del Ordenador:

Procesador	One Quad Core Intel(r) Xeon(r) E5320 (1.86GHz, 1066 MHz, caché de 2x4MB)
Sistema operativo	Windows® XP Professional original, SP2 (NTFS) (con medios) - Español
Memoria RAM	Memoria FBD de canal cuádruplo de 4 GB DDR2 667 (4 x 1 GB)
Tarjeta gráfica	Tarjeta gráfica de 128 MB nVidia Quadro FX550
Unidades ópticas	16x DVD+/-RW Drive
Unidad de disco duro	Unidad de disco duro ATA II serie de 250 GB (7.200 rpm) con NCQ
Segunda unidad de disco duro	Unidad de disco duro ATA II serie de 250 GB (7.200 rpm) con NCQ
Teclado	Teclado Dell Quietkey USB en negro - Español (QWERTY)
Ratón	Ratón Dell USB de desplazamiento con 2 botones en negro
Pantalla	19" Dell TrueColor E198 WFP
Documentación	System Documentation (Spanish)
Garantía	3 años de servicio internacional in situ al sig. día laborable (incl. paquete de e-Learning)



**Imagen 9-8. CPU: DELL precision 490**



**Imagen 9-9. MONITOR: DELL TrueColor E198WFP**

### **9.3.2 Software para la radio**

Para la radio interactiva utilizaremos un programa que nos permita, con una simple configuración obtener programación y organización de las sesiones radiofónicas.

El principal inconveniente de estos programas es que no son ni libres ni tampoco muy fáciles en su utilización gracias a la gran cantidad de opciones y ajustes que incorporan. Si el funcionamiento de la radio cumple nuestras expectativas podríamos en un futuro pensar el modo de la radio interactiva, si el proyecto general del centro de documentación de Koudougou cumple en su totalidad mediante el acceso a internet que tendrán, se podría con la utilización de un simple programa, como el elive5, y el alquiler del hosting a una página web orientada a ofrecer este tipo de servicios.

La tecnología que utiliza el programa elive5 es la de streaming de audio. Streaming consiste en que el usuario se descarga y reproduce simultáneamente un archivo multimedia, en este caso será de audio.

El programa elive5 nos garantiza:

Servicios de emisión:

- Emisión de audio
- Formato de emisión: Windows Media
- Código necesario: WM9
- Calidad: 22,5kHz estéreo

## **9.4 Instalación Eléctrica**

### **9.4.1 Tablero de suministro de energía eléctrica**

El tablero de suministro nos debe permitir seccionar cada carga en forma separada y bloquear los seccionadores de los sectores donde se realiza mantenimiento para evitar accidentes.

Debe proveer facilidades para conmutar cargas ante una emergencia, proveer instrumentación adecuada y una puesta a tierra eficiente.



**Imagen 9-10. Tablero del suministro eléctrico**

El sistema antitransientes es un protector total contra los disturbios de la red eléctrica. Por un lado un conjunto de descargadores hacen que los transientes no pasen a los equipos que queremos proteger. Al mismo tiempo un sistema computarizado de análisis de la red eléctrica envía un pulso para desconectar el equipo, mediante magneto-térmico, si la red no está dentro de los parámetros prefijados por el usuario aislando totalmente al equipo de la red eléctrica. Una vez que el sistema computarizado analiza que la red está dentro de los parámetros prefijados, el sistema vuelve a enviar un pulso que rearma el magneto-térmico. Este equipo está disponible para instalaciones monofásicas o trifásicas con diferentes capacidades de corriente.

### **9.4.2 Grupo electrógeno**

La utilización de un grupo electrógeno es recomendable cuando se requiere continuidad de la transmisión, en emisoras de hasta un kilowatt

el uso de una UPS es muy recomendable y relativamente económica. Por encima del Kw la implementación de la UPS se hace muy cara, aun cuando permite conmutaciones de carga ante fallas de suministro sin que el oyente y a veces el personal de la emisora sé de cuenta. Para apoyar nuestra emisora en estas situaciones que quizás tenemos que añadir la insuficiencia de energía de la zona, sería bueno buscar un UPS bastante sólido y con gran capacidad de reservar potencia y evitar los picos del corriente que se pueden producir en la red eléctrica que afectarían a lo largo la duración y la eficacia de nuestros equipos.

### **9.4.3 Sistema de ventilación y refrigeración**

Todos los elementos de un transmisor en particular válvulas y transistores son especialmente susceptibles a las temperaturas altas. Y esto tendrá efectos secundarios en la duración de vida y funcionamiento de los aparatos, mucho más hablando que el ambiente donde trabajaran estos equipos no será el ideal, como en Burkina Faso tiene una temperatura media mucho más grande que la de los 21°C, que es la temperatura que suelen trabajar y considerar como condición normal de funcionamiento.

También es cierto que todos los transmisores, amplificadores y los demás componentes producen calor como producto secundario de su funcionamiento y que este calor debe ser eliminado del recinto para evitar sobre temperaturas.

Normalmente con un sistema que extraiga el aire caliente e impulse aire dentro del recinto en un 20 o 25% más que el extraído (para generar una presión positiva) alcanza para refrigerar y mantener limpio los transmisores. Intentaremos instalar un equipo de aire acondicionado, cosa que puede resultar muy costosa o aun más probable difícil de transportar en Koudougou. Existen, evidentemente, soluciones de mayor complejidad pero requieren un estudio particular de cada caso. Pero como nuestro proyecto no se trata de una emisora de radió en condiciones de abundancia de recursos, una muy probable solución que hemos visto que se utiliza son combinaciones de ventiladores, de los que usamos normalmente en casa, por la ventilación y refrigeración del transistor y amplificador que son las principales fuentes de calor.

## **9.5 Mono en Estéreo**

En lugar de utilizar uno de los elementos de la radio que es el responsable por esta conversión, el generador estéreo y compresor limitador. Se ha intentado que el presupuesto sea lo mínimo posible y eliminar elementos de la radio utilizando el ordenador como una maquina virtual y también por motivos académicos tener la oportunidad de estudiar la tecnología estéreo en comparación de la monofónica.

Para realizar las funciones de este equipo, hemos utilizado el programa MATLAB, que en principio, a partir de dos entradas una de música y la otra de los micrófonos en formato mono y gracias a un pequeño programa en el MATLAB y una buena tarjeta de sonido en el ordenador que nos permite trabajar con frecuencias entre los 96 KHz y 128 KHz, haría la conversión en un canal estéreo en la salida. Esta señal tendría un pequeño retraso de tiempo porque el MATLAB no se puede trabajar en tiempo real, necesita un tiempo para procesar, y evidentemente en continuación emitir esta vía el transmisor directamente, sin tener más procedimiento, teniendo un retraso de procesar de 30µsec. En continuidad conectado esta salida con un modulador FM conseguir emitir centrándonos en una frecuencia de la banda comercial FM.

Una de las metas del diseño era que la señal multiplexada estéreo que era compatible con las radios mono anteriores de la tecnología FM. Pues las radios más viejas de FM miraban solamente la parte 0-15KHz de la señal entrante de FM, así una decisión directa que la parte más inferior del estéreo debe contener la suma de los canales Izquierdo y Derecho es decir L+R. De esta manera, el receptor mono de FM no notaría ningún cambio, él utilizaría la señal de L+R. No se conseguiría obviamente una etapa del sonido estereofónico, sino que por otra parte no perdería ninguna información de los canales L y R.

Un acercamiento sería transmitir una señal L-R como parte de la señal de la emisora. Si el receptor agrega la señal de L+R a la señal de L-R, consigue 2L es decir la señal izquierda amplificada dos veces. Si el receptor resta L+R y la señal de L-R, consigue 2R, es decir la señal derecha amplificada dos veces. Sumar y restar señales es fácil. Pues la pieza de 0-15 KHz de la señal de la emisora ha sido ocupada ya por la señal de L+R, uno ahora tiene que pensar encima de una manera de acomodar la señal de L-R en alguna parte más arriba para arriba en el ancho de banda asignado para la señal de la emisora. Una forma para cambiar de puesto la señal de L-R es utilizando el modulo de la amplitud de una señal de una frecuencia más alta. La señal de una frecuencia más alta usada se llama subcarrier.

Aquí necesitamos saber dos reglas de la electrónica:

A) Si modulamos la amplitud un portador del  $f_c$  KHz de la frecuencia con el audio que tiene una anchura de banda de 0-fmax Hz, conseguiremos las zonas laterales que extienden de del  $f_c-f_{max}$  hasta el  $f_c+f_{max}$ . Toda la información audio que teníamos a partir de la 0-fmax ahora se almacena trasladada en las zonas laterales del  $f_c-f_{max}$  a  $f_c+f_{max}$ .

B) La frecuencia portadora tiene que ser por lo menos 2 veces que la frecuencia más alta, de otra manera una de la modulación no tiene bastante "muestras" para reproducir la señal original.

Tambien la aplicaci3n de la adici3n de una se1al portadora que informa al receptor que la se1al entrante es en est3reo, as3 que debe descifrar la informaci3n m3s arriba de 15 KHz y por esto una manera simple es transmitir una onda del seno como portadora en una frecuencia fija. Si el receptor recibe este tono, puede diferenciar la se1al entrante como mono o como est3reo.

La portadora tiene que ser m3s alta que 15 KHz como esa parte es utilizada para arriba por la se1al de L+R. Si elegimos entre la gama de 18-22 KHz, el mono receptor no la recibir3. Eligiendo la portadora de 19 KHz, que ser3 la se1al que informa al receptor que la se1al que recibe es est3reo. Por otra parte, el receptor puede utilizar esta se1al 19KHz de generar una se1al 38KHz usando un doblador simple de la frecuencia. Pues 38KHz es m3s que 2x15KHz. La se1al de 38 kilociclos generada por el receptor ser3 en fase con el tono experimental de 19 kilociclos, as3 que en caso de que el transmisor utilice un subportadora de 38 kilociclos en fase con el tono experimental, el receptor podr3 regenerar exactamente el subportadora de los desaparecidos. Las zonas laterales ser3an a partir  $38-15=23\text{KHz}$  a  $38+15=53\text{KHz}$ , as3 que no se solapan con la portadora o la informaci3n de L+R. Ahora hemos concluido c3mo generar la se1al est3reo.

Aqu3 es muestra el c3digo en MATLAB:

```
% MODULACI3 ESTEREOF3NICA
% visualitzaci3 dels senyals dret (R) i esquerra (R) que
% recupera receptor estereof3nic
% a partir dels senyals A=L*R (en banda base)
% i B=(L-R) (traslladat a 30kHz)
% la idea es comprendre perquè encara no podem rebre dos canals separats
% tutorial estereo.m
%
% 26 abril 2008

% la desviaci3 en freqüència haur3 de ser inferior a 75kHz
% en consideren canals FM de 200kHz
% BW_FM=2*(desviaci3+BW_banda_base)
% ==> si BW_banda_base=38+15, desviaci3>=47kHz

% cal canal A=1 i canal B=2/pi~0.64
% cal fase de -50 en la portadora de 38kHz
% cal retard de 30us en el canal B abans de fer modulaci3 AM

%close all,clear
%clear
%-----Parametres-----
% llegir l'arxiu waveform en format Mono, a freq=96kHz i 16 bits:
%l='in_1K96.wav';r='in_2K5_96.wav';

l='musicfile_96.wav';r='vozfile_96.wav';

%Fm=96000;
Fp=19000;
Fb=2*Fp;
bits=16;
```

```

d=25;%durada del senyal

% lectura dels canals esquerra i dret
[L,Fm,bits]=wavread(l);
[R,Fm,bits]=wavread(r);
N=min([length(L),floor(d*Fm)]);t=linspace(0,d-(1/Fm),N)';L=L(1:N);R=R(1:N);
%C=[L,R];wavwrite(C,F,bits,'in_1K2K5_96.wav');

% jocs amb les amplituds
a_L=0.05;%amplitud del sinus de 1kHz
a_R=0.7*1;%amplitud del sinus de 2.5kHz
a_A=1*1;%amplitud del senyal en banda base L+R
a_B=(2/pi)*1;%amplitud del senyal a 38kHz (ja multiplicat per la portadora)
a_P=.05;%amplitud de la portadora pilot
% jocs amb la fase
fas=-50;%diferencia en graus entre el pilot de 19kHz i la portadora de 38kHz
dt=30e-6;%temps que cal avançar B per compensar processament en RX
dn=1+round(dt*Fm);%traducció de dt a mostres

L=L*a_L;R=R*a_R;
Ldt=L([dn:end 1:dn-1]);
Rdt=R([dn:end 1:dn-1]);
% banda base
A=L+R;
A=A*a_A;

% modulats a Fb=38kHz
P38=cos(2*pi*Fb*t+fas*pi/180);
B=(Ldt-Rdt).*P38;
B=B*a_B;

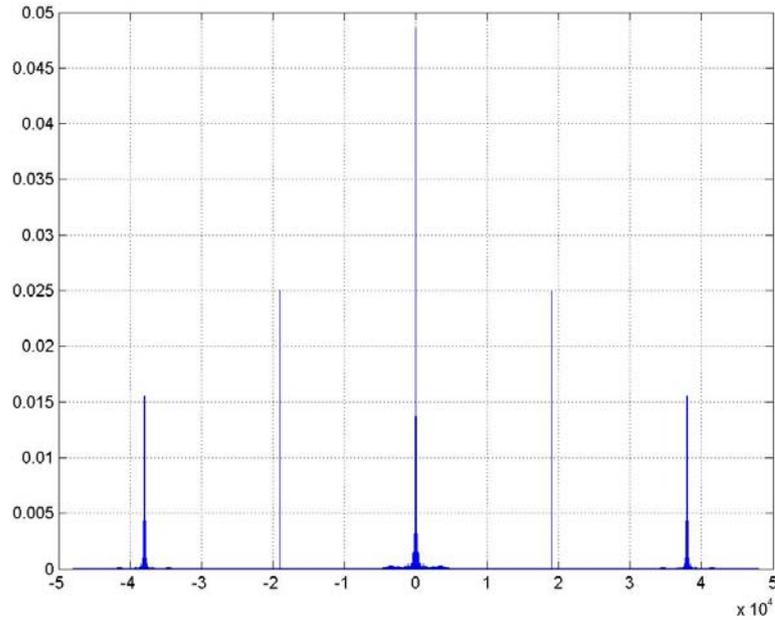
% pilot sub-carrier signal
P19=a_P*cos(2*pi*Fp*t);

% sortida
y=A+B+P19;
maxim=max(abs(y))*1.01
maxim=1;
a_P=a_P/maxim;
y=y/maxim;

% arxiu generat
eval(['wavwrite(y,Fm,bits,','out_music_veu','A',num2str(a_A),'B',num2str(a_B),'L',num2str(a_L),'R',num2str(a_R),'P',num2str(a_P),'Ph',num2str(fas),'dt',num2str(dt*1e6),'.wav')]);

% fft
Ny=length(y);F=linspace(-Fm/2,Fm/2,Ny);
yt=abs(fftshift(fft(y)))/Ny;
figure(1)
plot(F,yt), zoom on, grid on

```



**Gràfica 9-1. Espectro de la freqüència**

```
%*****
%*****
%*****
```

```
% coses que visualitzaré a l'oscil·loscopi
% un cop recuperat canal L i R
```

```
% per tal de visualitzar el mateix he de fer correccions
fas=fas+50;
dt=-dt+30e-6;%diferencia de retard entre els canals A i B
Ab=2/a_B;
% primer cal evitar aliasing
n=1e3;
Fs=Fm*5;
F1=1e3;
F2=2.5e3;
ta=[1/Fs:1/Fs:n/Fs]';
La=a_L*cos(2*pi*F1*ta);
Ra=a_R*cos(2*pi*F2*ta);
```

```
Ladt=a_L*cos(2*pi*F1*(ta-dt));
Radt=a_R*cos(2*pi*F2*(ta-dt));
```

```
% si no vull evitar aliasing
% és així com s'observa en el receptor
% FM de què disposem !!!
% si dt~=0 no es pot usar
%n=n/5;Ra=R;La=L;ta=t;
```

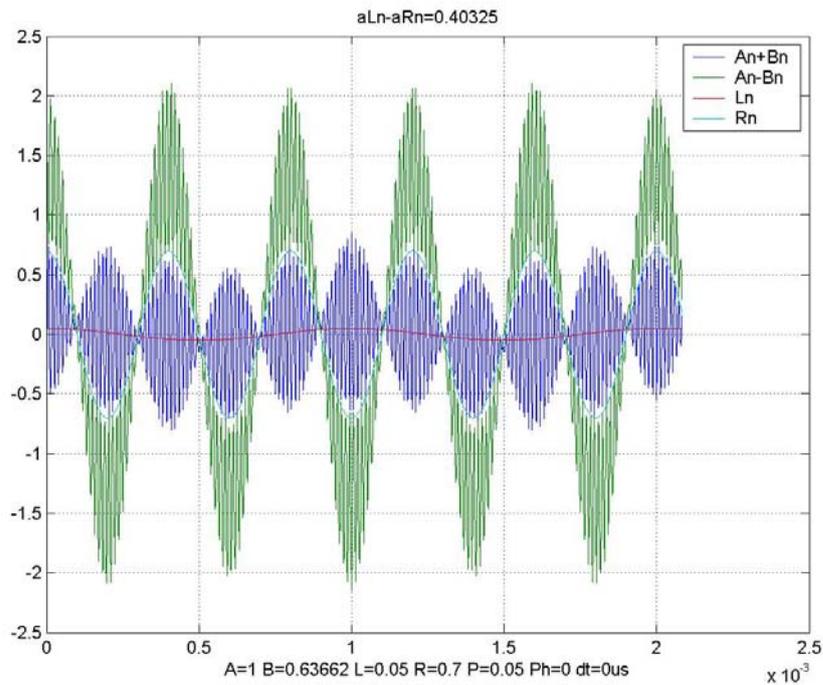
```
Rn=Ra(1:n);Ln=La(1:n);tn=ta(1:n);
Rndt=Radt(1:n);Lndt=Ladt(1:n);
c1=cos(2*pi*Fb*tn);
c2=cos(2*pi*Fb*tn+fas*pi/180);
```

```
% sense filtrat del senyal de 2*38kHz
```

```

An=(Ln+Rn)*a_A;
Bn=(Lndt-Rndt)*a_B.*c1.*c2;
Bn=Bn*Ab;
aLn_aRn=max(An+Bn)/max(An-Bn);
figure
plot(tn,An+Bn,tn,An-Bn,tn,Ln,tn,Rn), zoom on, grid on,figure(gcf)
legend('An+Bn','An-Bn','Ln','Rn')
title(['aLn-aRn=',num2str(aLn_aRn)])
xlabel(['A=',num2str(a_A),' B=',num2str(a_B),' L=',num2str(a_L),' R=',num2str(a_R),'
P=',num2str(a_P),' Ph=',num2str(fas),' dt=',num2str(dt*1e6),'us'])

```

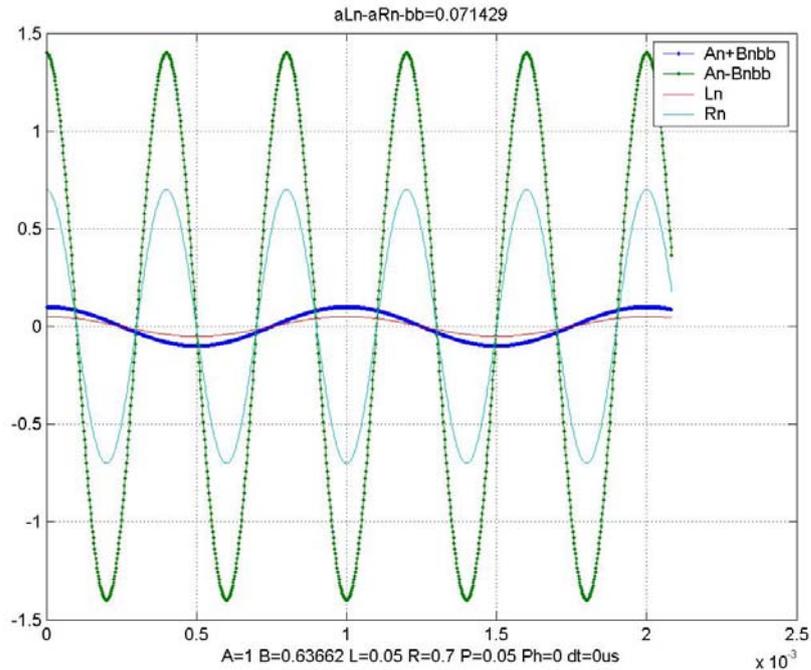


**Gráfica 9-2. señales A+B y A-B**

```

% amb filtrat del senyal de 38kHz
An=(Ln+Rn)*a_A;
Bnbb=(Lndt-Rndt)*a_B*0.5*cos(fas*pi/180);
Bnbb=Bnbb*Ab;
aLn_aRn_bb=max(An+Bnbb)/max(An-Bnbb);
figure
plot(tn,An+Bnbb,'- ',tn,An-Bnbb,'- ',tn,Ln,tn,Rn), zoom on, grid on,figure(gcf)
legend('An+Bnbb','An-Bnbb','Ln','Rn')
title(['aLn-aRn-bb=',num2str(aLn_aRn_bb)])
xlabel(['A=',num2str(a_A),' B=',num2str(a_B),' L=',num2str(a_L),' R=',num2str(a_R),'
P=',num2str(a_P),' Ph=',num2str(fas),' dt=',num2str(dt*1e6),'us'])

```



**Gráfica 9-3. Los señales A y B filtradas con 38KHz**

```

% 3 mesures
%amb fas=-50 o 130 es maximitza per A=0,B=1 i L=1,R=0
%amb (L=1 i R=0) i A=1,B=0 i A=0,B=2/pi~0.64 amplituds iguals
%amb 30e-6 de retard minimitzo per A=1,B=2/pi~0.64 i fas=-50

%k=(1/.10)^2,ph_dt=acos((k-1)/(k+1))*180/pi,dt0=ph_dt/1e3/360

>>
maxim = 0.9587

```

Utilizando estos elementos y programas hemos podido introducirnos un poco a la funcionalidad de la modulación y ver las diferencias entre enviar una señal en forma mono y la misma en forma estereo. Gracias a los problemas de los niveles de potencia de los canales, los retardos debidos al procesamiento del código en MATLAB, que son pequeños pero que tienen efecto en la salida, y a la complejidad que aportaría al personal de la emisora del centro cultural que no tiene una grande experiencia en tratar con ordenadores y maquinaria, hemos inclinado por la decisión de dejar los resultados solo con el valor académico y no ponerlo en aplicación.

## 10 SISTEMA SUGERIDO Y PRESUPUESTO

### 10.1 Elementos de radiofonía

#### 10.1.1 Transmisor EM 350 COMPACT DIG

El EM 350 COMPACT DIG es un modulador-excitador de F.M., de 350W de RF, controlado digitalmente por un microprocesador que permite aplicaciones como la reducción de potencia nocturna para ahorro de energía y la monitorización, estabilización y ajuste de las variables del equipo (nivel de entrada, desviación, etc.). Además incorpora un optimizado amplificador de 350W de alta eficiencia y un restrictivo filtro de orden 7. La fuente de alimentación conmutada permite que el equipo mantenga la potencia nominal de salida con voltajes de entrada de 90 a 260VAC. Este transmisor puede ser suministrado con generador de estéreo digital de 60dB de separación, incluido en el equipo. La consumición del transmisor en 12 horas sería de unas 4.2kWh y en un día entero 8.4kWh.



#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

##### AUDIO

Relación Señal/Ruido entre 30 y 20.000Hz	≥78dB, 86dB típica (mono) ≥72dB, 77dB típica (estéreo)
Con ponderación CCIR	≥75dB, 81dB típica (mono) ≥68dB, 72dB típica (estéreo)

#### DISTORSIÓN ARMÓNICA CON EL UMBRAL DE LIMITACIÓN AJUSTADO A 150 HZ DE DESVIACIÓN

Desviación de 75 KHz	<0.05%, 0.02% típica
Desviación de 150 KHz	<0.2%, 0.05% típica

#### DIAFONIA ENTRE CANALES ESTEREO (L - R)

Con codificador externo	<-50 dB
Con codificador interno (De 100 a 5000Hz)	<-60 dB
Con codificador interno (De 30 a 15000Hz)	<-50 dB

#### RESPUESTA FRECUENCIAL DE LAS ENTRADAS DE AUDIO

Banda de paso ( Entre 30Hz y 15KHz)	± 0.1 dB
Banda eliminada Por encima de 19KHz	> 50 dB
Respuesta frecuencial de la entrada estéreo MPX	±0.1 dB entre 10 Hz y 100 KHz
Respuesta frecuencial de la entrada auxiliar SCA/RDS	±0.2 dB entre 10 KHz y 100 KHz

#### NIVEL DE ENTRADAS

Audio y MPX para ±75 KHz desv.	Ajustable entre -3.5 y +12.5 dBm
SCA/RDS Para ±7.5 KHz desv.	Ajustable entre -12 y +3.5 dBm
SCA/RDS Para ±2 KHz desv.	Ajustable entre -24 y -8 dBm

#### IMPEDANCIAS DE ENTRADA

Audio y MPX	Seleccionable entre 10 KΩ balanceada y 600Ω desbalance
Auxiliar SCA/RDS	10kΩ.

#### CONECTORES

Audio	XLR Hembra.
MPX, Auxiliar (SCA/RDS)	BNC Hembra.

Rechazo en la entrada al modo común (de 20 a 15000Hz)	>50 dB, >60 dB típico.
Nivel de salida MPX	0 a +10 dBm para 75 KHz desv.
Ajuste del límite de desviación	Entre 0 y +7 dBm
Constante de tiempo de pre-	50 ó 75µs ±2%

énfasis

## MODULACIÓN

Rango de frecuencias	Entre 87.6 y 107.9 MHz
Sistema de modulación	Frecuencia Modulada, 75 KHz desviación pico. F3E, F8E
Paso de síntesis de frecuencia portadora	10 / 100KHz
Error de frecuencia	< ± 200Hz
Deriva de frecuencia	< 100Hz / año

## RF

Potencia de salida de RF	Ajustable entre 1 y 350Wrms.
Máximo nivel de potencia reflejada admisible	35W
Nivel de armónicos	<-70 dBc
Nivel de espúreas dentro de la banda FM	<-80 dBc, -95 dBc típicos.
Impedancia de salida	50Ω. Conector N hembra.
Protección y control	Bloqueo frente a emisiones espúreas. Protección por potencia reflejada. Posibilidad de programación de reducción automática nocturna de potencia.

## OTROS

Alimentación de potencia	90 ~ 260 VAC, 50 / 60 Hz. 603,45 VA para 350W.
Potencia nominal	350W
Consumo típico	603,45VA
Rango de temperatura	-10 ~ 45°C.
Señales de control	Control habilitación de RF. Lectura potencia de salida RF. En el aire. Indicación de fallo. RS-232
Dimensiones	3 unidades de rack estándar 19" 438 x 132 x 334 mm sin asas.
Peso	16 Kg.

### 10.1.2 El generador estéreo y compresor limitador COM LIM 3DIG

El procesador COM-LIM 3 DIG es la unión de un generador estéreo digital profesional con una separación entre canales mayor de 60 dB y un limitador de alta dinámica, con una profundidad de banda de atenuación mayor de 90 dB sobre 75 KHz. Dispone de display de cristal líquido para visualización de menús, así como de entrada digital AES/EBU. Esto, unido a un ecualizador de 3 bandas da como resultado un procesador con características excepcionales para radio.



#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

Respuesta de Frecuencias	30 Hz/15 KHz a 0.3 dB
Rango de CAG	±10 dB
Rechazo de la Banda de Atenuación	>90 dB por encima de 75 KHz
Relación Señal a Ruido	Mayor de 84 dB. Dependiendo de los parámetros procesados: CAG, umbral, ganancia y densidad.
Distorsión Total a 1 KHz	<0,05%
Diafonía entre canales estéreo L/R y R/L	<-60 dB (-90 dB a 3 KHz)

#### ENTRADA DE AUDIO

Configuración	Canales balanceados izquierdo y derecho
Impedancia	10 KΩ, balance electrónico
Nivel de Entrada	-10 a +10 dBm
Rechazo de Modo Común	>50 dB (de 30 a 15000 Hz)
Conectores	XLR Hembra. (Pin 1 GND, Pin 2 en fase, Pin 3 retorno. Pin 2 y 3 balanceados electrónicamente con suspensión de EMC.)

## GENERADOR DE MULTIPLEX ESTÉREO

Configuración	Una salida con control de nivel.
Frecuencia de la Señal Piloto	19 KHz a 0,001% max. Sobretemp.
Inyección de Piloto	Del 2 al 12%, ajustable internamente
Distorsión a 1 KHz	<0,005%
Relación Señal a Ruido	>92 dB
Separación de Canales Estéreo	>60 dB 30/15000 Hz (70 dB a 1 KHZ)
Diafonía Principal a Secundario	>45 dB 30/15000 Hz (70 dB a 1 KHZ)
Diafonía Secundario a Principal	>40 dB 30/15000 Hz (70 dB a 1 KHZ)
Supresión de Sub-portadora 38 KHz	>80 dB
Supresión de Bandas Laterales y de 76 KHz	>90 dB
Nivel de Señal Compuesta de Salida	0 a +12 dBm
Impedancia	50 Ω asimétrica
Conector	BNC Hembra
Máxima Longitud de Cable	10 m. RG-58A/U. 100 m. con amplificación de MPX
Nivel de Señal de SCA	10 KΩ asimétrica
Conector	BNC Hembra
<u>ENTRADA RDS</u>	-24 a 0 dBm para ±2 KHz desviación de portadora principal
Impedancia de Entrada	10 KΩ asimétrica
Conector	BNC Hembra

## INFORMACION GENERAL

Alimentación Primaria	De 87 a 265 VCA. 50-60 Hz
Consumo de Potencia	8 VA
Dimensiones	48,3 x 24,0 x 4,4 cm. 1U altura rack 19"
Peso	3,8 Kg. (8,4 lbs.)
Rango de Temperaturas de Operación	De 0 a +50 °C

### 10.1.3 Antena (dipolos M4)

Aunque las antenas **MP** de polarización circular son las más económicas de su clase, la calidad de su fabricación no está por debajo de sus hermanas mayores. La garantía de su calidad y funcionamiento son las

miles de antenas instaladas a lo largo del mundo. La antena, de 500W de potencia continua, se sirve en la frecuencia que se requiera (88~108MHz,) pero ésta puede ser cambiada posteriormente según las necesidades del usuario. Su conector de entrada es de tipo "N" hembra y su construcción en acero inoxidable le permite trabajar en condiciones ambientales extremas. Resulta ideal como segunda antena y sistema de seguridad.



#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

Rango de frecuencia	87,5 ~ 108MHz
Impedancia	50Ω
Potencia máxima	500W
Polarización	Circular a derechas
Conector de entrada	N Hembra
Peso	3,9 Kg.
Protección contra descargas eléctricas	Tierra
Montaje	Tubo de 1 a 3"
Material	Acero inoxidable
R.O.E. típico	1,10:1

#### CONFIGURACIONES TÍPICAS

(Apilamientos de varias MP separadas entre sí  $3/4\lambda$ )

MODELO	Nº ANTENAS	GANANCIA[dBd]	POT. MÁX [W]	CONECTOR ENTRADA
MP - 2	2	0	800	N Hembra
MP - 2R	2	0	1200	EIA 7/8"
MP - 3	3	1.7	800	N Hembra
MP - 3R	3	1.7	1800	EIA 7/8"
MP - 4	4	3	800	N Hembra
MP - 4R	4	3	2400	EIA 7/8"

MP - 5R	5	3.8	3000	EIA 7/8"
MP - 6R	6	4.5	3600	EIA 7/8"
MP - 8R	8	6	4800	EIA 1-5/8"

#### 10.1.4 Tabla de mezclas ONE MIX 100 DIG

La mesa digital de mezclas ONE MIX 100 DIG con la que podrá convertir su radio analógica en una radio digital por muy poco dinero. Dispone de 4 entradas analógicas multiplexadas micro/línea (5 micros, 3 líneas) y dos entradas multiplexadas digitales. Salida de auriculares. Bloqueo y encendido "ON AIR". Dos entradas de línea telefónica. Salidas de máster de programa analógicas y digitales. Todo esto en una mesa de dimensiones muy reducidas 60x40x45 cm.



#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

##### CANALES DE MICRÓFONO

Impedancia de Entrada	1 K $\Omega$ asimétrica
Rango de Niveles de Entrada	Ajustable de -57 a -37 dBm
Nivel Máximo de Entrada	-27 dBm
Conector	XLR Hembra

##### INSERCIÓN DE EFECTOS (SOLO POSICIÓN MIC 1)

Impedancia de Salida	100 $\Omega$ asimétrica
Nivel de Salida	0 dBm
Impedancia de Entrada	10 K $\Omega$ asimétrica
Nivel de Entrada	0 dBm
Conector	Jack PJ-55 6mm estéreo

##### CANALES DE LINEA DE MESAS TOCADISCOS (PHONO)

Impedancia de Entrada	47K $\Omega$ . 150pF asimétrica
Rango de Niveles de Entrada	Ajustable de -58 a -38 dBm

Conectores (L y R) XLR Hembra.

#### CANALES DE LÍNEA TELEFÓNICA

Entradas y Salidas Balanceadas y flotantes, con compensación de efecto lateral desde 200  $\Omega$  hasta 2 K  $\Omega$  con 330 pF en paralelo.

Impedancia de la línea 600  $\Omega$ .

Nivel de transmisión 0 dBm

Nivel de Recepción - 12 a +12 dBm

Nivel de Cancelación de la Híbrida -40 dB. Tono de prueba de 1KHz.

Respuesta de Frecuencias 300 Hz - 3400 Hz (a 0.5 dB).

Distorsión 0.2 %

Conector Modular RJ45

#### LÍNEA DE AUDIO ESTÉREO

Impedancia de Entrada 10 K  $\Omega$  simétrica

Nivel de Entrada de la Línea Ajustable a 10 dBm

Conectores (L y R) XLR Hembra

#### ENTRADA DIGITAL AES/EBU

Configuración Acoplamiento de línea simétrica flotante.

Impedancia 110  $\Omega$

Razón de Muestreo Digital 32 / 44.1 / 48 / 96 KHz Selección automática

#### SALIDA DIGITAL AES/EBU (LÍNEAS PGM Y UTL DIGITALES)

Configuración Acoplamiento de línea simétrica flotante

Impedancia 110  $\Omega$

Razón de Muestreo Digital 32 / 44.1 / 48 / 96 KHz Selección DIP

Conector XLR Macho

#### SALIDA DE PROGRAMA (LÍNEA PGM ANALÓGICA)

Impedancia de la Fuente 100 $\Omega$  asimétrica

Nivel Nominal de Salida 0dBm. Ajustable de 0 a + 12dBm

Nivel Máximo de Salida + 16dBm

Conectores (canales L y R) XLR Macho

#### SALIDA UTILITARIA (LÍNEA UTL ANALÓGICA)

Impedancia de la Fuente 100  $\Omega$  asimétrica

Nivel Nominal de Salida 0 dBm

Nivel Máximo de Salida + 16 dBm

Conectores (canales L y R) XLR Macho

#### AUDIO SALON DE CONTROL

Impedancia de la Fuente 100  $\Omega$  asimétrica

Nivel Nominal de Salida 0 dBm

Nivel Máximo de Salida + 16 dBm  
Conectores (canales L y R) RCA Hembra

#### INTERCOMUNICACIÓN CON EL ESTUDIO

a) Transmisión (SEND) IMPEDANCIA DE SALIDA: 100  $\Omega$   
asimétrica

NIVEL DE SALIDA: 0 dBm

CONECTOR: RCA Hembra

b) Recepción (RETURN): IMPEDANCIA DE ENTRADA: 10K  $\Omega$   
asimétrica

NIVEL DE SALIDA: 0 dBm

CONECTOR: RCA Hembra

METRADO 2 vúmetros (uno por canal) con indicador  
de picos de sobre modulación a LED.

SISTEMA LÓGICO DE AVISO TRES RELÉS DE ESTADO SÓLIDO: 50  
V AC/DC 100 mA

CONECTOR: DB-15 Hembra.

#### GENERAL

Respuesta de Frecuencias 20 Hz a 20 KHz a 0.2 dB.

Distorsión Armónica a Salida de Programa Entradas Micrófono = 0.07%  
Entrada Línea = 0.007%  
Entrada Digital = 0.016%  
Entrada Telefónica = 0.2%.

Aislamiento entre Canales Mejor que -90 dB a 1 KHz  
Mejor que -80 dB a 20 KHz

Diafonía entre Canales Mejor que -72 dB a 1 KHz  
Mejor que -60 dB a 20 KHz

Diafonía entre Salida de Programa y otras Salidas Mejor que -75 dB de 20 Hz a 20 KHz

CMRR (Entrada de Línea) -50 dB a 60 Hz  
-50 dB a 1 KHz  
-50 dB a 20 KHz

Fuente de Alimentación 90 a 264 VCA, 50-60 Hz.

Consumo de Potencia 9 VA.

Dimensiones 484 x 310 x 90 mm.

Peso 5 Kg.

Rango de Temperaturas de Operación De 0 a +50° C.

Humedad Relativa Máxima 90% no condensada.

## 10.2 Presupuesto Total

PRESUPUESTO				
Material	Marca	Cantidad	Precio/unidad*	Total*
Transmisor FM 60W	Link Comunicaciones	1	2.225 €	2.225 €
Torre Antena	Torre Flehstel 3 m	2	300 €	600 €
Antena	Antena dipolo vertical de Link Comunicaciones	4	320 €	1.280 €
Cable antena	Cable flex (Link Comunicaciones)	25	6,60 €	165 €
Conector	Ceflex "N"	5	24,60 €	123 €
Consola radio	S-2000/8 Link Comunicaciones	1	1.353 €	1.353 €
Micrófonos talkback y locutorio	SM-58 (SHURE)	3	130 €	390 €
Auriculares técnico	AKG k66	1	40 €	40 €
Altavoces	Edifier R1000TCN	1	409 €	409 €
Reproductor CD	DCM-280	1	299 €	299 €
Compressor	XR 4400 (BEHRINGER)	1	109,08 €	109 €
Rack	RS-510 (QUIK-LOK)	1	110,27 €	110 €
Sintonizador	TU-245 (DENON)	1	209,90 €	210 €
Cassette	DRW-595 (DENON)	1	229 €	229 €
Cable Jack/Jack	QUIK LOK modelo S-197 de 6 metros PVPR	3	13,50 €	41 €
Cable canon/canon	LIGHT IEI-20 canon/canon, modelo CM 200 F	3	18 €	54 €
Mesa	Estándar	1	150 €	150 €
Silla	Estándar	4	40 €	160 €
Armario	Estándar	1	150 €	150 €
Cd, cables, conectores	Varios	1	300 €	300 €
Servidor		1	1.361 €	1.361 €
Pantalla Servidor		1	499 €	499 €
Instalación y configuración del software		1	200 €	200 €
<b>Total</b>				<b>10.257 €</b>

\*Precios sin IVA

## 11 SIMULACIÓN

La distribución de la propagación radio en una zona real es una cosa bastante difícil de predecir, depende tanto por la distribución geológica, la vegetación y la variante atmosfera de la zona donde se realiza el estudio. Para dar un aspecto más real a las medidas teóricas que podríamos hacer con el MATLAB, hemos utilizado un simulador de propagación de señal de radio frecuencia, el "Radio Mobile", que es un excelente programa creado en 1998, es un software de libre distribución para el cálculo de radio enlaces de larga distancia en terreno irregular. Para ello utiliza perfiles geográficos combinados con la información de los equipos (potencia, sensibilidad del receptor, características de las antenas, pérdidas (espacio libre como del sistema, etc.) que quieren simularse. Mantenido desde entonces por el ingeniero y radioaficionado canadiense Roger Coudé (VE2DBE), que utiliza datos digitales de elevación del terreno para generar un perfil del trayecto entre un emisor y un receptor. Estos datos, junto a otros relativos al entorno y a las características técnicas de los transceptores, sirven para alimentar un modelo de propagación de las ondas de radio conocido como "Irregular Terrain Model", basado en el algoritmo de Longley-Rice e integrado en el propio programa, que permite determinar el área de cobertura de un sistema de radiocomunicaciones que trabaje en una frecuencia comprendida entre los 20 y los 20.000 MHz.

Hasta hace relativamente pocos años, la aplicación de la ingeniería radio al cálculo de coberturas se restringía a un ámbito estrictamente profesional, mediante la utilización de aplicaciones de propósito específico y de modelos digitales del terreno (MDT o DEM) muy costosos, fuera del alcance de las grandes empresas.

Este software de Radio Mobile implementa con buenas prestaciones el modelo Longley-Rice, modelo de predicción troposférica para transmisión radio sobre terreno irregular en enlaces de largo-medio alcance, predice la propagación a larga-media distancia sobre terreno irregular. Además de tener múltiples utilidades de apoyo al diseño y simulación de los enlaces y las redes de telecomunicaciones. Los parámetros a introducir para realizar las simulaciones permiten reflejar de forma fiel los equipos reales que se piensa utilizar en la instalación para la que estarían destinados.

RadioMobile utiliza para la evaluación de los enlaces, el perfil geográfico de las zonas de trabajo. La obtención de estos mapas puede realizarse directamente desde una opción del software que permite descargarlos de Internet. Hay tres tipos de mapas disponibles: los SRTM, los GTOPO30 y los DTED.

Al igual que el modelo de propagación en el que se basa, permite trabajar con frecuencias entre los 20MHz y 40GHz y longitudes de trayecto de entre 1 y 2000Km.

Los mapas con información de elevaciones pueden ser superpuestos a imágenes con mapas topográficos, mapas de carreteras o imágenes de satélite, y con este modo ser más precisos con nuestras medidas, disminuyendo el error de 3 segundos de arco que quizás por una pequeña zona y con características como las de Koudougou sería este error bastante importante a la hora de hacer los cálculos de las potencias que utilizaremos.

Se presentara una serie de imágenes del programa donde se vera la posición en el mapa tanto del transmisor, su configuración como también de unas aleatorias receptores con su correspondiente información, para examinar la simulación de la peor de la situación que nos puede ocurrir en un radio de 40Km, que es el objetivo de cobertura, una vez se ha instalado nuestra emisora del centro cultural de Koudougou.

En la página de RadioMobile, <http://www.cplus.org/rmw/>, existe un enlace directo a la página de descargas de Internet, donde se puede bajar un paquete de archivos para instalar el software y sus facilidades. Esta página además incluye un guión de instalación rápida. La instalación es sencilla y el guión es bastante claro por lo que no se considera necesario incluir una descripción adicional en este manual.

La página contiene, además, una sección de Preguntas Frecuentes con respuestas para las dudas más habituales, explicaciones de uso y puede ser actualizado online.

El software Radio Mobile tiene las siguientes características:

- Distribución libre para usos no comerciales relacionados con la radio afición y la asistencia humanitaria.
- Funciona bajo los sistemas operativos Windows 95, 98, Me, 2000, NT, XP y Vista.
- Generación gráfica de modelos de terreno a partir de datos de DEM.
- Utilización del algoritmo Longley-Rice para cálculos de propagación con frecuencias de trabajo comprendidas entre 20MHz y 40GHz.
- Generación de vistas 3D, estereoscópicas y animaciones.
- Fusión de imágenes, posibilitando la visualización de distintas capas con datos geográficos sobre el terreno.

## **11.1 Parámetros del Modelo Longley-Rice**

Para el cálculo de la propagación, el modelo Longley-Rice tiene los siguientes parámetros comunes al de otros modelos de propagación:

Frecuencia: El rango de frecuencias nominales para el modelo varía entre 20MHz y 40GHz. Nosotros hemos utilizado una frecuencia dentro del margen de la banda comercial 88-108MHz (centrada en 100MHz).

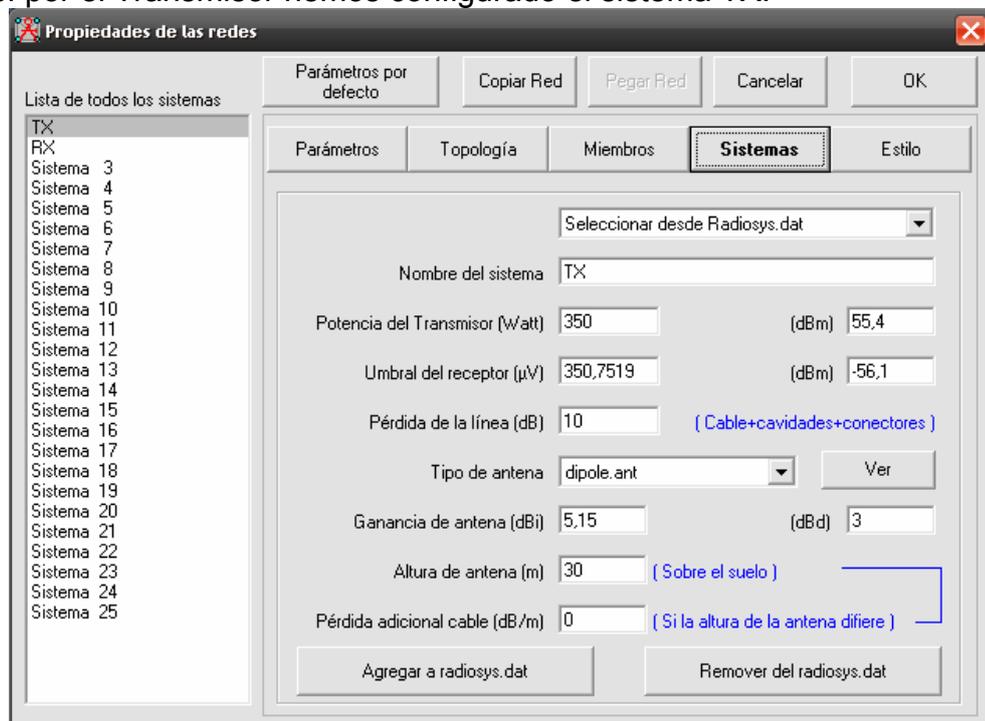
ERP (Effective Radiated Power): La potencia efectiva de radiación, se introducen en las unidades que fije el usuario en la opción de configuración del sistema (mW, W, kW, dBm, dBW, dBk). En nuestro

caso, la potencia ERP dependería de los 350W del transmisor y los -67dB que necesitamos recibir en el receptor para que tenga un nivel de cobertura optimo.

Antena: Se asume antena ovni-direccional, a menos que se especifique el uso de una antena directiva, que en nuestro caso vamos a utilizar cuatro dipolos ovni-direccionales de una ganancia 4dBi.

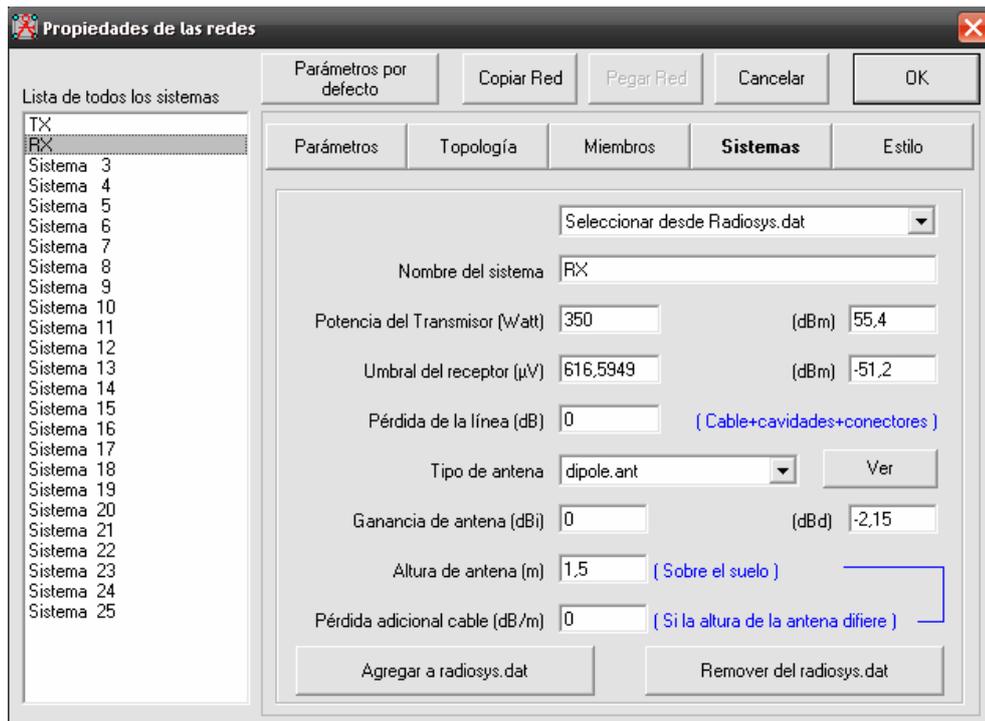
Altura de la antena: altura a la que se sitúa la antena, medido en pies o metros, (sobre el nivel del mar), para transmitir y recibir. El programa computará las alturas efectivas necesarias para ajustarse a los cálculos del modelo. En nuestro caso 30m del mástil de la antena.

Así por el Transmisor hemos configurado el sistema TX:



**Imagen 11-1. Configuración del Transmisor**

Y por los ocho Receptores que hemos puesto en puntos alrededor del Transmisor, los configuramos con un segundo sistema, el RX:



**Imagen 11-2. Configuración del Receptor**

Tendríamos una red de dos sistemas con nueve miembros en totalidad. Pero la naturaleza del modelo requiere algunos parámetros adicionales.

**Polarización:** Debe especificarse si se trabaja con polarización horizontal o vertical. El modelo de Longley-Rice asume que ambas antenas tienen la misma polarización, vertical y horizontal. Hemos elegido la horizontal y el modelo del dipolo del abanico que nos ofrece el programa de simulación.

**Refractividad:** La refractividad de la atmósfera determina la cantidad de “bending” o curvatura que sufrirán las ondas radio. En otros modelos, el parámetro de refractividad puede introducirse como la curvatura efectiva de la tierra, típicamente 4/3 (1.333). Para el modelo Longley-Rice, hay tres formas de especificar la refractividad. Se puede introducir el valor de refractividad de superficie directamente, típicamente en el rango de 250 a 400 Unidades de n (correspondiente a valores de curvatura de la tierra de 1.232 a 1.767). Una curvatura efectiva de la tierra de 4/3 (=1.333) corresponde a una refractividad de superficie de valor aproximadamente 301 Unidades de n.

Los Longley y Rice recomiendan este último valor para condiciones atmosféricas promedio. La relación entre los parámetros “k” y “n”, viene dada por la siguiente expresión:

$$N_s = 179.3 * \ln \left[ \frac{1}{0.0046665} * \left( 1 - \frac{1}{K} \right) \right]$$

**Permitividad:** la permitividad relativa o constante dieléctrica del medio ( $\epsilon$ ), tiene unos valores típicos tabulados.

Conductividad: La conductividad, medida en Siemens por metro, tiene unos valores típicos tabulados.

	<b>PERMITIVIDAD</b>	<b>CONDUCTIVIDAD</b>
<b>Tierra media</b>	15	0.005
<b>Tierra pobre</b>	4	0.001
<b>Tierra rica</b>	25	0.020
<b>Agua dulce</b>	81	0.010
<b>Agua del mar</b>	81	5.000

**Tabla 11-11-1. Permitividad y conductividad**

Clima: Hay 7 modelos de clima caracterizados en el modelo:

**Ecuatorial** (Congo).

**Continental Sub-tropical** (Sudan y Centro América).

**Marítimo Sub-tropical** (Oeste de las costas de África).

**Desierto** (Sahara).

**Continental templado.**

**Marítimo Templado**, sobre la tierra (Reino Unido y continentes de la costa Oeste).

**Marítimo Templado**, sobre el mar.

De acuerdo con el modelo, el clima continental templado es común a la mayor parte de grandes superficies en la zona templada. Se caracteriza por extremos en la temperatura y cambios diarios y de estaciones pronunciadas en la propagación. En latitudes medias en zonas costeras, donde los vientos predominantes llevan el aire húmedo marítimo hacia el interior, prevalece un clima marítimo templado. Esta situación es típica del Reino Unido y de las costas occidentales de los Estados Unidos y Europa. El resto de los climas pueden asociarse de la misma forma a otras regiones del mundo.

Variabilidad: El modelo de Longley-Rice define cuatro modos de variabilidad. El modo seleccionado determina el significado de la fiabilidad de los valores usados en el modelo. El modo de variabilidad puede ser considerado como la especificación para determinar la fiabilidad de los cálculos. Estos modelos de variabilidad definidos son: Modo de mensaje simple, modo individual, modo Móvil, modo broadcast.

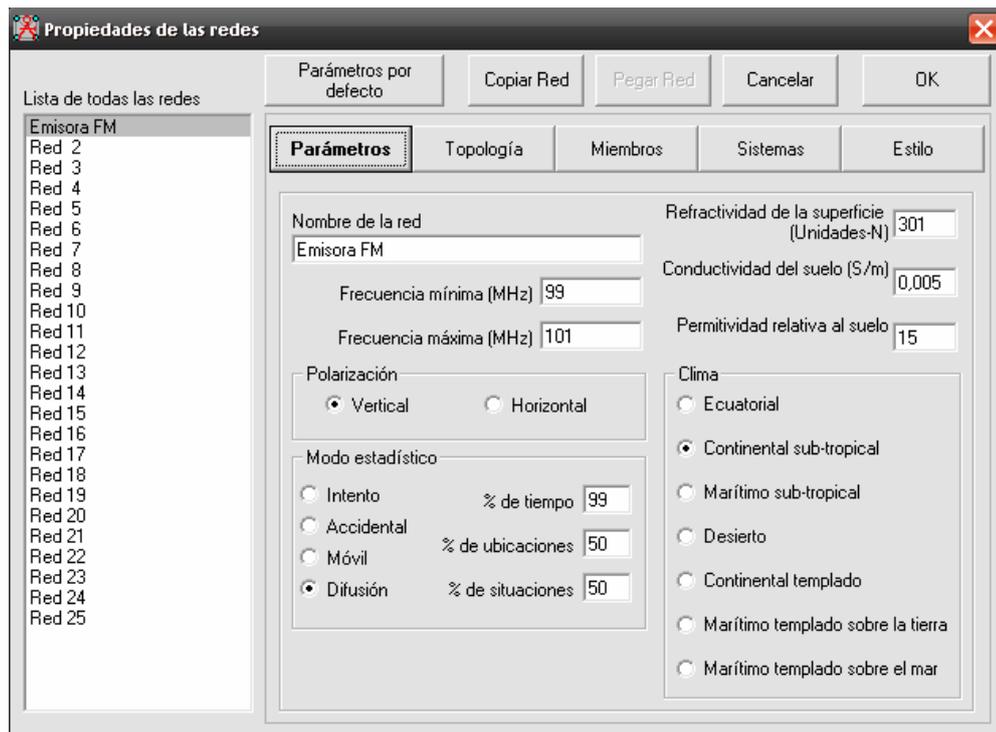
El modo individual ("Accidental"), para calcular el campo en posiciones individuales se trazaban múltiples puntos a lo largo de varias radiales desde la ubicación del transmisor. Como estamos definiendo exactamente la localización del receptor para cada cálculo, el programa no tiene en cuenta la variabilidad por "localizaciones" o posición.

Los tipos de variabilidad descritos en el modelo Longley-Rice son el tiempo, la posición, y la variabilidad de situación. Estas tres dimensiones de variabilidad, fueron desarrolladas para considerar y clasificar variaciones en los niveles de señal medidos (mediana). La variabilidad de corto plazo del tipo asociado con la propagación de multi-trayecto no es cubierta por el modelo.

Variabilidad de tiempo: Los parámetros a tener en cuenta para considerar las variaciones de los valores medianos tomados por horas de atenuación, son por ejemplo, cambios de la refracción atmosférica o de la intensidad de turbulencia atmosférica. El campo actual en la posición de receptor se espera que esté por encima de ese valor, durante media de cada hora, y por debajo de ese valor la otra media. La variabilidad de tiempo describe los efectos de estos cambios de tiempo, expresado como un porcentaje entre 0.1 % y el 99.9 %. Este valor da la fracción de tiempo durante la cuál el campo de fuerzas recibido, se espera que sea igual o superior que el valor mediano de campo por hora calculado por el programa. Esta variabilidad permite especificar cómo se desea tratar con la variabilidad de tiempo de los cambios atmosféricos y otros efectos. Tomar un porcentaje mayor en este valor, reduce la variabilidad resultante de estos factores. El resultado calculado por el programa será menor, con lo que se asegura que el valor real medido será igual o superior en un porcentaje más elevado de tiempo. Hemos escogido el peor caso, de 99%, para asegurar la zona mínima donde tendremos siempre cobertura.

Variabilidad por localización: Lo que hay que tener en cuenta en los estadísticos de largo plazo entre dos trayectos distintos debido, a por ejemplo, diferencias en los perfiles del terreno o diferencias ambientales entre ellos. La variabilidad por localización para los cálculos, se expresa como un porcentaje de 0.1% a 99.9%. Sucede lo mismo en los resultados que para el caso de la variabilidad de tiempo, pero con la fracción de localizaciones donde el campo recibido se espera que sea igual o superior. Hemos hecho las pruebas poniendo un 50% para hacer una aproximación más real posible.

Variabilidad por situación: esta variabilidad tiene en cuenta otro tipo de variables que pueden denominarse "hidden variables". Este tipo de variables representan efectos que no pueden explicarse o que simplemente se ha decidido no controlar. Sirven para diferenciar casos con iguales equipos y condiciones de entorno similares. Estos cambios se reflejarán en los estadísticos. Y como en casos anteriores puede ser expresado como un porcentaje entre 0.1 % y el 99.9 % para controlar lo mucho o poco que se quiere que afecten. También aquí el porcentaje que hemos utilizado es el 50%.

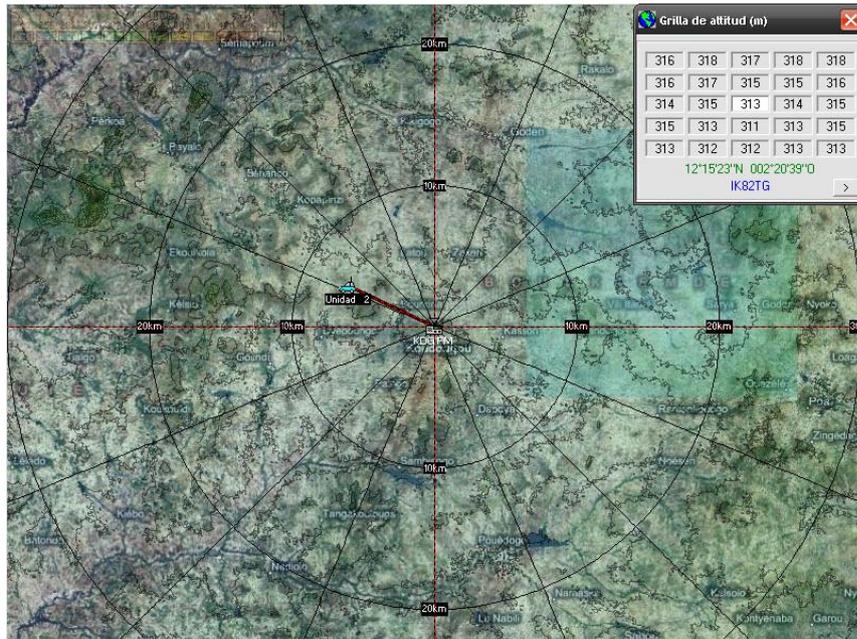


**Imagen 11-3. Configuración de los Parámetros del RadioMobile**

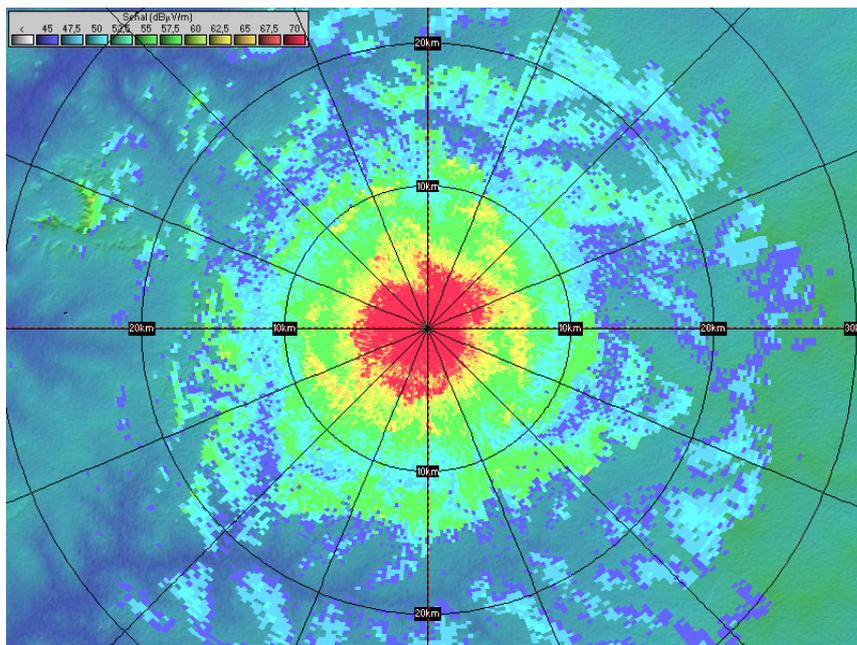
Estas tres variabilidades fueron la clave de conseguir los resultados más reales posibles tomando como se demuestra en la imagen hemos elegido basándonos en las sugerencias de UIT-R P.1546 sobre estadística de la variabilidad de un enlace radioeléctrico. Sin embargo los resultados demuestran un resultado que no nos satisface a primera vista, pero sobre todo no olvidamos que con estos parámetros configurados así no nos limita ninguno la posibilidad de tener mucha más cobertura sino nos garantiza la mínima óptima cobertura que tendríamos respecto el mapa de la zona de Koudougou y los cálculos que realiza el programa basado en el algoritmo Longley-Rice.

## 11.2 Pruebas y Diagramas de Radiación

En la imagen 11-4 se muestra el mapa de la zona de Koudougou con su morfología del terreno, con un mapa supuesto que muestra la situación de los pueblos y los caminos de un área de 45Km\*45Km, para facilitar nuestra orientación. En continuidad hemos añadido las curvas de nivel y homocentros anillos cada 10Km para medir la extensión de la cobertura de nuestra emisora.



**Imagen 11-4. Mapas de elevación y del área del Koudougou superpuestos**



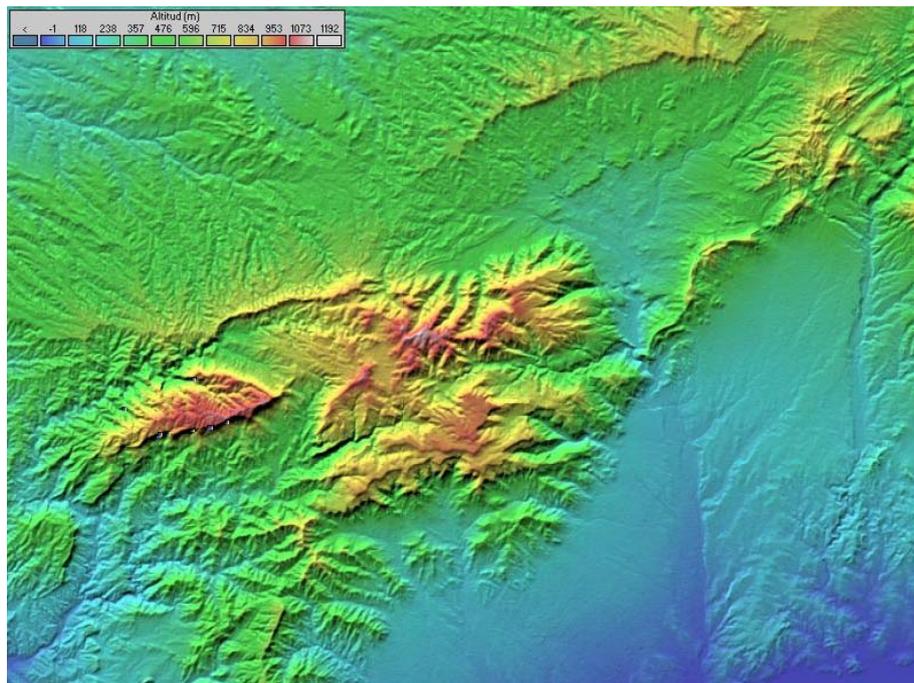
**Imagen 11-5. La mínima cobertura y el diagrama de la señal transmitida**

Esta serie de imágenes nos demuestra los resultados obtenidos del programa la cobertura que obtendría este receptor con la configuración que hemos analizado en el apartado anterior, en el caso que esta se implementa en una superficie como la de la zona de Koudougou, en imagen 11-5, pero también si la misma configuración se implementaría en un área que podríamos escoger un punto más elevado como en el Bufalvent a la zona de Manresa, en las imagen 11-6. Demostrando con anillos de colores los diferentes niveles de potencia en dBµV/m en la imagen 11-7. Los niveles de óptima recepción de señal serían 66 dBµV/m para estereo y 60 dBµV/m para mono, según la UIT-R BS.526-3 que sería la normativa en el estado español. Una vez que estamos en la Burkina

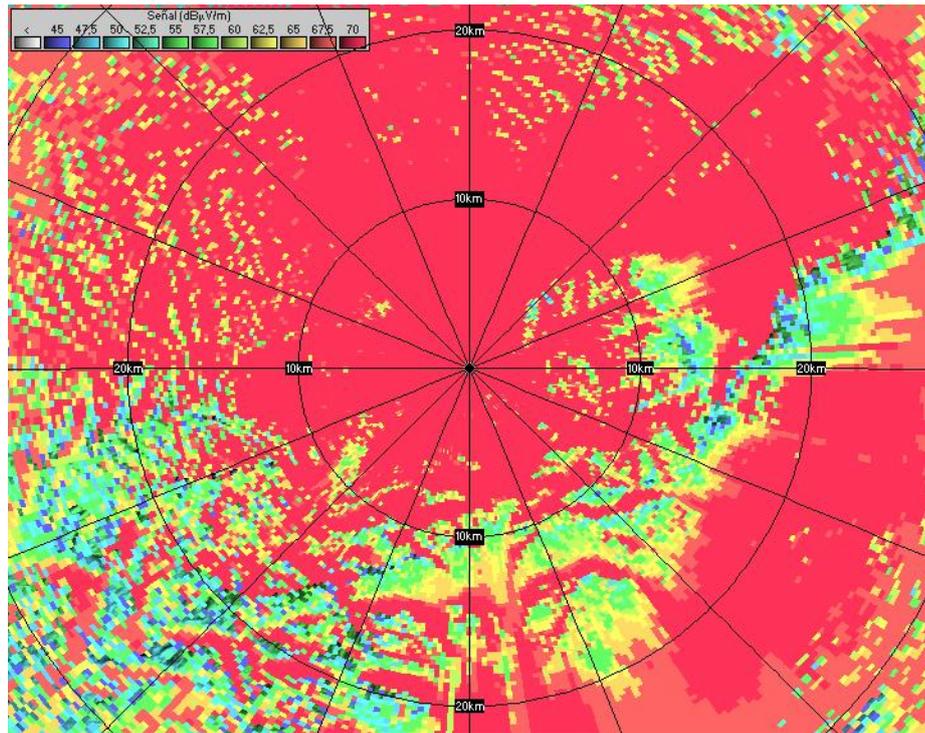
Falso y no tenemos este tipo de limitaciones, podríamos utilizar la recomendación UIT-R BS.412-9, que nos indica que en zonas rurales como se trata del área de Koudougou los niveles que necesitaríamos serían:

Zonas	Servicios	
	Monofónico dB( $\mu$ V/m)	Estereofónico dB( $\mu$ V/m)
Rural	48	54
Urbana	60	66

**Tabla 11-2. Niveles de la Recomendación UIT-R BS. 412-9**



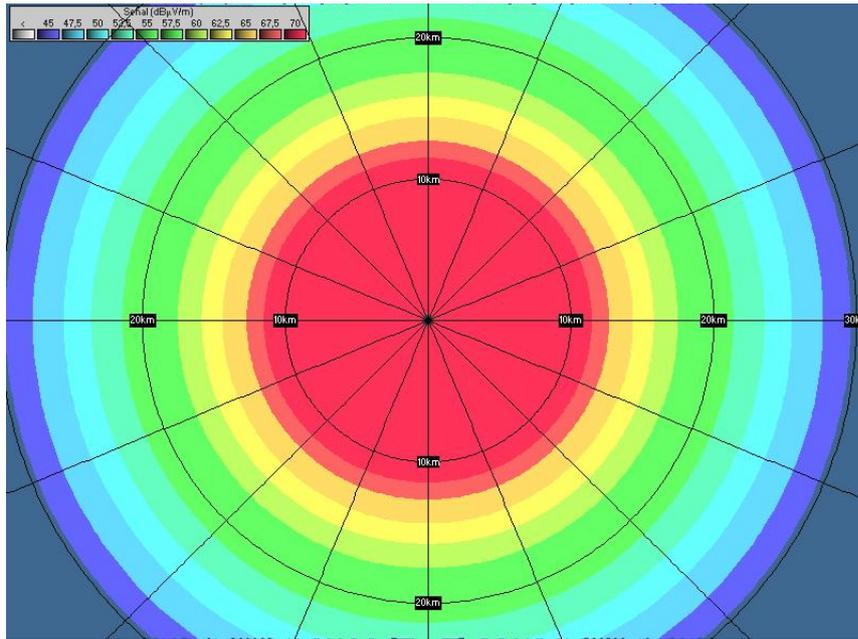
**Imagen 11-6. El mapa de elevación del área de Manresa**



**Imagen 11-1. El diagrama de la cobertura del señal en Manresa**

Por supuesto la gran diferencia que aparece entre las dos imágenes, 11-5 y 11-7, nos demuestra la importancia que tiene la altura sobre el nivel del suelo, para obtener un alcance mayor de nuestras emisiones.

Para hacer unos cálculos que tuvieran una aproximación más a la teoría hemos realizado unas pruebas sobre el nivel del mar en una zona de alta mar, así evitar obstáculos y obtener unos valores más claros sobre la atenuación respecto la distancia entre el mástil de la emisora y una unidad receptora móvil. Como se puede apreciar, en la imagen 11-8, los anillos que definen los diferentes niveles de señal son muy claros y fáciles de medir en los diferentes puntos de 1, 2, 4, 16, 32 y 64Km.

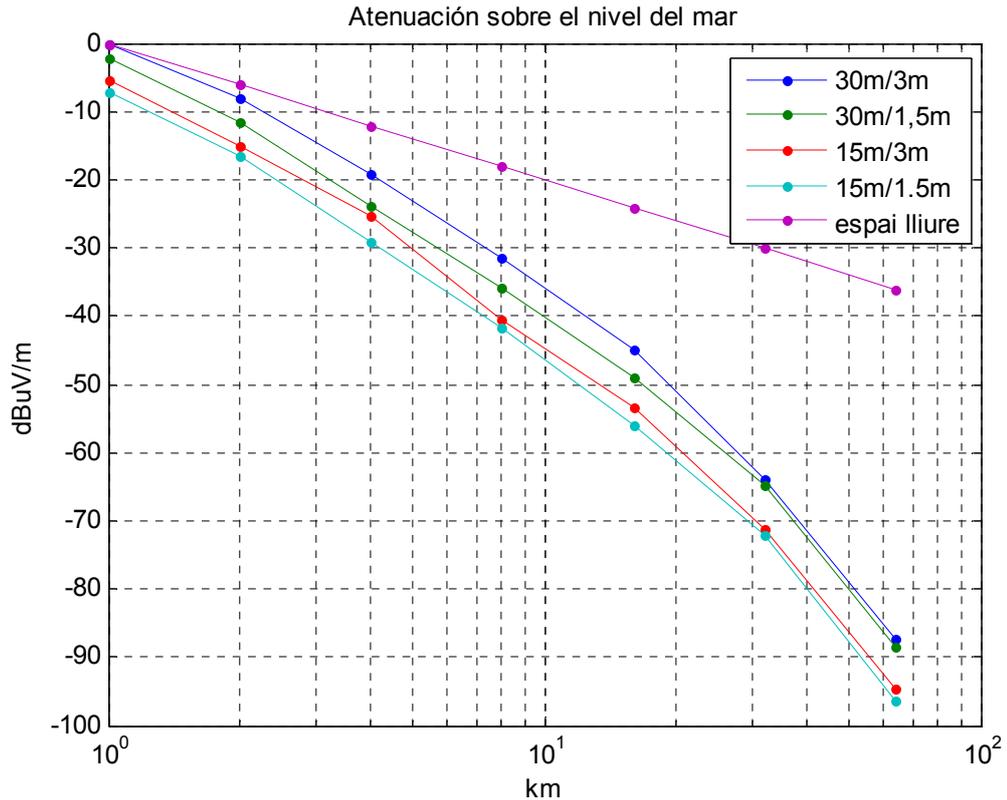


**Imagen 11-8. Radiación de la señal sobre el mar respecto la configuración que se presenta en 11.1 y 11.2**

Para hacer una estimación de diferentes alturas del transmisor, como también del receptor, por los resultados se han utilizado cuatro combinaciones la de 30m del transmisor y 3m del receptor, la de 30m del transmisor y 1.5m del receptor, la de 15m del transmisor y 3m del receptor y la de 15m del transmisor y 1.5m del receptor. Los resultados se muestran en la taula y grafica que continua.

Distancia(Km)	30m-3m		30m-1,5m		15m-3m		15m-1,5m	
1	85,6	-	83,5	-	80,2	-	78,4	-
2	77,5	-8,1	74	-9,5	70,4	-9,8	69,2	-9,2
4	66,4	-11,1	61,8	-12,2	60,3	-10,1	56,6	-12,6
8	54,1	-12,3	49,8	-12	45,2	-15,1	44	-12,6
16	40,6	-13,5	36,5	-13,3	32,1	-13,1	29,6	-14,4
32	21,7	-18,9	20,7	-15,8	14,5	-17,6	13,5	-16,1
64	-1,7	-23,4	-2,8	-23,5	-8,9	-23,4	-10,8	-24,3

**Tabla 11-3. Niveles de dBµV/m medrados en diferentes puntos de distancia y la diferencia entre estos puntos**



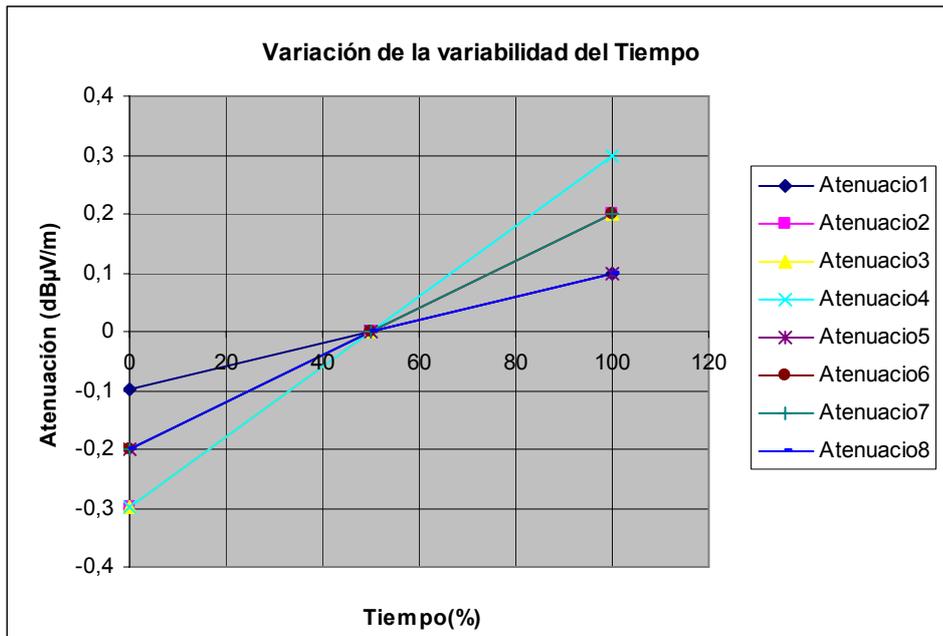
**Gráfica 11-1. Pruebas sobre el nivel del mar en diferentes puntos respecto la configuración de 11.1 y 11.2**

Para hacer también unos cálculos en el terreno de Koudougou hemos puesto ocho receptores móviles en una distancia entre 9-12Km alrededor del transmisor, para obtener datos de la atenuación debidos a la variación de morfología, variando cada vez uno de los parámetros de la variabilidad, entre 0.1, 50 y 99.9% y manteniendo los otros dos constantes a 50%.

1. Por Ubicación= Situación= 50% y variante el Tiempo:

Temps(%)	Atenuacio1	Atenuacio2	Atenuacio3	Atenuacio4	Atenuacio5	Atenuacio6	Atenuacio7	Atenuacio8
0,1	-0,1	-0,3	-0,3	-0,3	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
50	0	0	0	0	0	0	0	0
99,9	0,1	0,2	0,2	0,3	0,1	0,2	0,2	0,1

**Tabla 11-4. Por Ubicación= Situación= 50% y variante el Tiempo los niveles de Atenuación de la señal**

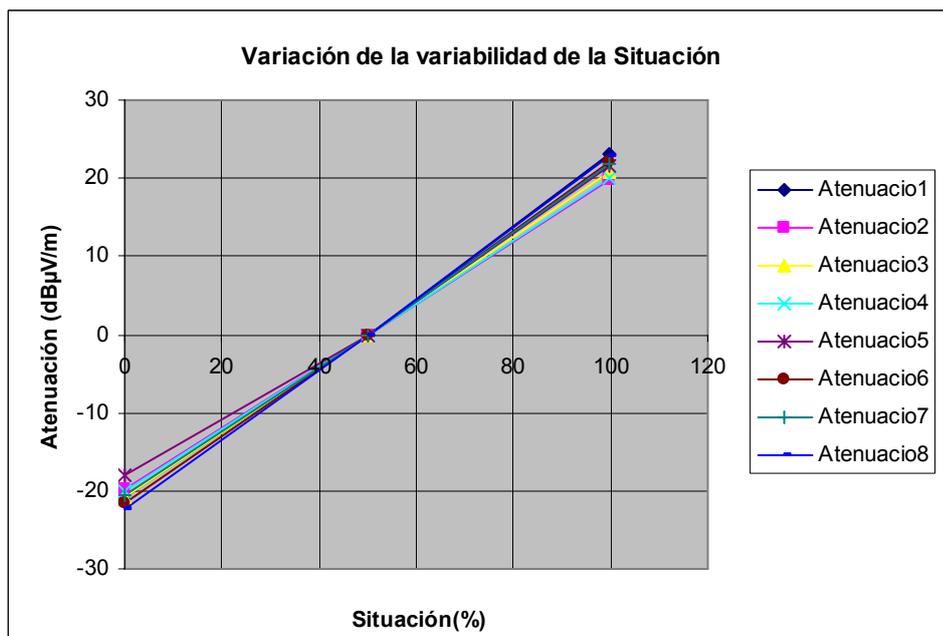


**Gráfica 11-2. Variación de la variabilidad del Tiempo**

2) Por Tiempo = Situación= 50% y variante la Ubicación:

Ubicacion(%)	Atenuacio1	Atenuacio2	Atenuacio3	Atenuacio4	Atenuacio5	Atenuacio6	Atenuacio7	Atenuacio8
0,1	-20,9	-23,6	-23,6	-21,7	-18,5	-22,3	-21,0	-22,8
50	0	0	0	0	0	0	0	0
99,9	23,9	23,5	23,6	23,5	23,8	23,7	23	23,8

**Tabla 11-5. Por Tiempo = Situación= 50% y variante la Ubicación los niveles la Atenuación de la señal**

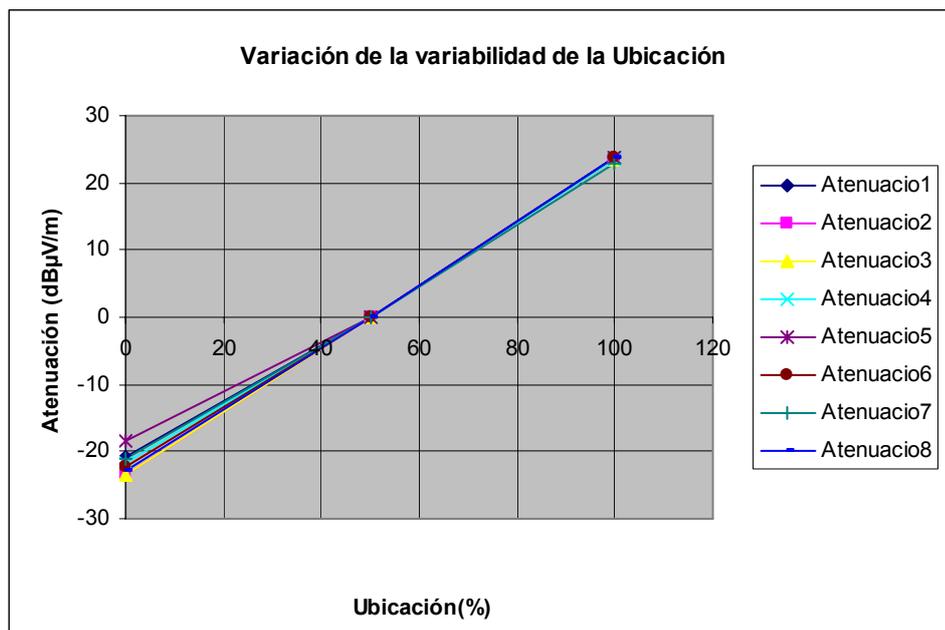


**Gráfica 11-3. Variación de la variabilidad de la Situación**

3) Por Ubicación= Tiempo = 50% y variante la Situación:

Situacion(%)	Atenuacio1	Atenuacio2	Atenuacio3	Atenuacio4	Atenuacio5	Atenuacio6	Atenuacio7	Atenuacio8
0,1	-20,8	-19,9	-20,7	-20,1	-18,1	-21,7	-20,5	-22,4
50	0	0	0	0	0	0	0	0
99,9	23,2	19,9	20,7	20,1	21,5	22,1	21,9	22,8

**Tabla 11-6. Por Ubicación= Tiempo = 50% y variante la Situación los niveles de Atenuación de la señal**



**Gráfica 11-4. Variación de la variabilidad de la Ubicación**

## 12 CONCLUSIONES

### 12.1 Conclusiones técnicas

En este proyecto se han visto muchos diferentes aspectos de la realización de una radio y especialmente de concretas partes tanto técnicas en la hora de realización de la instalación, como también de las partes teóricas que en la hora de implementarlas sobre una situación real. Se han visto situaciones como la elección de los elementos que complementan la maquinaria de nuestra emisora.

Uno de los aspectos que se ha conseguido de realizarse, era la simulación de la emisión de una señal estereo y mediante la configuración adecuada conseguir recibir dicha señal en un equipo receptor, que distinguía entre mono y estereo. Mediante un ordenador con una tarjeta de sonido que nos permite trabajar en este rango de frecuencias y ejecutando con el MATLAB el código y pasando el señal en un osciloscopio y en continuidad a un modulador FM y así poder enviarlo con una potencia minima pero que se podría recibir mediante una frecuencia (89.5MHz) de la banda comercial 88-108MHz. Y además hemos conseguido distinguir en la salida del receptor entre el señal de  $A = R+L$  y  $B = R-L$  sin mezclas entre ellos teniendo muchos problemas gracias a su diferencia de nivel de potencia que tienen A y B. La complejidad que aportaría al personal de la emisora del centro cultural, que no tiene una grande experiencia en tratar con ordenadores y maquinaria, nos ha hecho inclinar por la decisión de dejar los resultados solo con el valor académico y no ponerlo en aplicación.

Un segundo importante punto fue la simulación, respecto las características de nuestros equipos, utilizando el programa RadioMobile, que en realidad es una muy útil herramienta que hemos tenido la suerte de trabajar mucho con el y conocer su funcionamiento y su potencial. Su gran capacidad de encontrar mapas de forma rápida y gratuita, de cualquier longitud y latitud del mundo nos ha ayudado mucho en todas las formas de hacer las simulaciones entre los enlaces virtuales y la radiación de la señal en la zona respecto el modelo del Longley-Rice.

Hemos visto la variabilidad de los parámetros que afectan la atenuación de una señal y lo difícil que es gestionar todo este proyecto desde distancia tanto la parte de las normativas que se tienen de cumplir y los aspectos que se han de cubrir para que sea todo en funcionamiento y sobre todo legal respecto las normativas vigentes de Burkina Faso.

## **12.2 Cronología del viaje**

- 26/04/2007 Primera Reunión con los miembros del proyecto.
- 02/06/2007 Segunda Reunión por los papeles necesarios para la participación en el proyecto.
- 28/07/2007 Llegada a Uagadougou, capital de Burkina Faso,
- 29/07/2007 Primera reunión con miembros de las ONG “Beogo” y “Lõniya”.
- 30/07/2007 Llegada a Koudougou y reunión con todos los participantes de las diferentes fases del proyecto “Centro de Documentación de Koudougou”.
- 04/08/2007 Primeras medidas y planeamientos de las necesidades por el cálculo del dimensionado de la emisora.
- 11/08/2007 Visitas en Radios de tipo comercial a la zona de Koudougou.
- 13/08/2007 Reunión con los grupos de los participantes en el proyecto para discutir sobre las diferentes propuestas.

Así desde el día de la vuelta hemos hecho reuniones con ISF y el CCD. Por el que hace a la reunión con el CCD, hemos tenido su apoyo y palabras de ánimo. Predisposición del CCD a reclamar responsabilidades y de continuar con el proyecto.

## **12.3 Impacto social y valoración personal**

Así la radio llenará un hueco para poder integrar los diversos escenarios que forman el Centro de la documentación de Koudougou, creando un punto de unión de los diversos estudios y profesionalidades, acercando las últimas novedades y el mundo actual a todos los oyentes.

Con la radio se abren nuevas vías de aprendizaje para los estudiantes, teniendo una nueva herramienta para hacer las prácticas de los diversos estudios. Dando una visión más real de los conocimientos teóricos que se estudian y también nuevos puestos para personas con motivación propia para la gestión y búsqueda de nuevas ideas para la radio.

Compartiendo la mejor parte del centro de documentación de Koudougou y aportar al mundo información, conocimientos y un buen entendimiento entre toda la sociedad.

Aunque muchas veces el factor limitante para conseguir los objetivos del desarrollo humano y la lucha contra la pobreza no es la tecnología, sí que es cierto que se requiere un mayor esfuerzo en la movilización de la ciencia y la tecnología para alcanzar ciertas metas, como los objetivos de desarrollo del Milenio.

Los ocho objetivos de desarrollo del Milenio, que abarcan desde la reducción a la mitad la pobreza extrema y lograr la enseñanza primaria universal hasta la detención de la propagación del VIH/SIDA y fomentar una asociación mundial para el desarrollo, y todo esto hasta el año 2015, constituyen un plan convenido por todas las naciones del mundo y todas las instituciones de desarrollo más importantes a nivel mundial. Estos

objetivos han potenciado unos esfuerzos sin precedentes para ayudar a los más pobres del mundo.

No se trata de “exportar” nuestra tecnología más avanzada o sofisticada, sino de colaborar en el desarrollo de tecnologías que solucionen los problemas reales y concretos de comunidades con contextos económicos, sociales y ambientales muy diferentes a los nuestros.

Porque, lo que es realmente importante es la capacidad de desarrollar soluciones, como la radio comunitaria, que son válidas a nivel local. Pero, no solo hemos ofrecido ayuda académica y económica sino también hemos obtenido grandes experiencias, hemos tratado con un proyecto real y bajo circunstancias más difíciles, de que si se tratará de un proyecto equivalente dentro del ámbito de la universidad. Pero la gratitud de ser parte de su realización, y la oportunidad de realizar alrededor de este proyecto distintos proyectos de fin de carrera, nos ha dado motivación y nos demostrado un ejemplo de cómo el mundo puede colaborar de forma significativa en el desarrollo de tecnologías que colaboren al cubrimiento de las necesidades vitales como la educación y la sanidad de sociedades en desarrollo.

Además, dejando aparte la parte estrictamente técnica del proyecto, hemos podido vivir una experiencia personal increíble en todos los sentidos, muy diferente, especialmente por personas que era su primera participación en un proyecto de desarrollo mediante una ONG, respecto a la vida como la vivimos en Europa occidental.

El conocimiento de un nuevo país, una cultura diferente, una manera totalmente diferente de ver la vida y un contacto tan directo con una pobreza tan extrema nos ha hecho crecer mucho, madurar y replantear en el terreno personal.

También, ha estado una buena ocasión para participar en el mundo de la cooperación internacional. Hemos podido notar, y de esto queremos asegurarles, que la cooperación internacional es tan importante como también complicada.



**Imagen 12-1. Colaboración diaria**

Pero también muy gratificante por la aportación de emociones y conocimientos que te pueden aportar en tan poco tiempo. A nivel personal me ha aportado muchísimo me ha permitido perfeccionar la lengua francesa, que en principio era el más grande obstáculo que había encontrado y una gran cantidad de conocimientos con aspecto más real que de las clases teóricas de la universidad.

Valoramos muy positivamente la convivencia que hemos tenido los cuatro cooperantes de ISF, entre nosotros y entre todos los que se han involucrado en este proyecto. Las relaciones en el grupo han sido fantásticas y hemos hecho amigos y conocidos de diferentes lugares de Europa no solo de África Subsahariana (Burkina Faso, Malí, Costa del Marfil).



**Imagen 122-2. Equipos conjuntos**

Y en consecuencia, tanto en Burkina Faso como después en Manresa trabajando todo este tiempo en colaboración con las ONG “Lõniya”, “Beogo” y los “Ingenyeria Sense Fronteres” de Cataluña en Barcelona y la Asociación Valenciana de Ingeniería Sin Fronteras (AVISF) de Valencia, con objetivo un proyecto que dará ayuda no temporal, sino con el soporte de nosotros y la motivación que caracteriza los burkineses será una base para apoyar el desarrollo de Burkina Faso y no una caridad del mundo occidental hacia África, sin perspectivas de dar soluciones, solamente mantener en este estado critico la economía y evolución de este continente tan cerca de nosotros, pero tan lejano de nuestro nivel de vida.

# **ANNEXOS**



## 13 ANEXOS

### 13.1 ANEXO I

#### **ORDENANZA REGULADORA DE LA INSTALACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS DE TELECOMUNICACIONES.**

##### Requisitos y limitaciones particulares aplicadas a las diferentes instalaciones de antenas

Según el artículo tercero de la Ordenanza reguladora de instalación de infraestructuras de telecomunicaciones, tendremos que usar antenas de tipo B, las cuales son antenas de emisión de programas de servicios públicos o comerciales de radiodifusión i televisión.

El artículo 5 nos habla de este tipo de antenas:

1. Las antenas de emisión de los programas de servicios públicos o comerciales de radio y televisión sólo se podrán instalar en complejos y espacios previstos para ello.
2. Mediante la instrucción del expediente correspondiente, el Pleno del ayuntamiento podrá autorizar de los complejos sementados. Este expediente contendrá la justificación de la necesidad del complejo, basada en la manca de capacidad de los ya existentes o en el plan de implementación que desenvuelva razonadamente los requerimientos tecnológicos que patenticen la necesidad y que no cumplan los ya existentes.

##### De las licencias

Según el artículo 9 de licencias:

1. Con la independendencia que el titular sea persona privada física o jurídica o una organización pública, será necesario la obtención de autorización municipal para la instalación de antenas.  
En el caso de las antenas del tipo B, además de la tramitación del expediente a que hace referencia el artículo 5 de esta Ordenanza, se tendrá que obtener una licencia urbanística un permiso municipal ambiental.
2. También es necesaria la obtención de una licencia previa para todas y cada una de las instalaciones agrupadas a los complejos nombrados torre de comunicaciones.
3. Cuando sea necesario, conforme con esta Ordenanza, un plan de implementación previo, la licencia y el permiso para cada instalación individual de la red sólo se podrá otorgar una vez aprobado el plan, ya comentado, siempre que se ajuste plenamente a sus previsiones.

4. El órgano competente para otorgar la licencia i los permisos es el alcalde del ayuntamiento.

Artículo 10, planes de implementación:

1. Para la aprobación de los planes de implementación, se deberá formular la solicitud pertinente, con los requisitos de carácter general que determina la Ley 30/1992, acompañado de tres ejemplares del plan.
2. El plan tendrá que tratar los siguientes aspectos:
  - La disposición geográfica y la ubicación de las estaciones base y antenas que la constituyen, en relación con la cobertura territorial necesaria.
  - La incidencia de los elementos visibles de la instalación sobre los elementos que sea necesario proteger, con las propuestas de adaptación de su apariencia exterior a las condiciones del entorno.
  - Se tendrá que ajustar a los correspondientes proyectos técnicos, con lo que prevén los artículos 13, 14, 17, 25 y 26 de la Ley de Ordenanza de las telecomunicaciones.
3. En la tramitación se seguirán las normas vigentes. Las dadas que contenga el plan de implementación serán tratadas con total confidencialidad.

La solicitud de licencia urbanística para la instalación de antenas del Tipo B, según el artículo 11 de esta Ordenanza, se formularán según las ordenanzas metropolitanas; también será necesario que se adjunte:

- a) Los cálculos justificativos de estabilidad de la antena con los planos constructivos.
- b) La descripción y justificación de las medidas correctoras adoptadas para la protección contra descargas eléctricas de origen atmosférico y para evitar interferencias radioeléctricas y parásitos en otras instalaciones.
- c) Justificación de la utilización de la mejor tecnología en cuanto a topología y características de los equipos a implantar para poder lograr la máxima minimización del impacto visual y ambiental.
- d) Documentación fotográfica y gráfica, justificativa del impacto visual. Tendrá que aportar una simulación gráfica del impacto visual des de la perspectiva de la visión del peatón.
- e) Documento que exprese la conformidad del titular, o comunidad de propietarios, de la finca sobre la que se hayan de instalar infraestructuras.
- f) Declaración o compromiso de mantener la instalación en perfectas condiciones de seguridad y estabilidad.
- g) Cuando se trate de antenas de telefonía móvil o de telecomunicación, se deberá aportar un proyecto técnico que contemple como mínimo los siguientes aspectos:
  - Altura del emplazamiento
  - Áreas de cobertura
  - Frecuencias de emisión, potencias de emisión y polarización.
  - Modulación
  - Tipos de antenas a instalar.
  - Ganancias respecto a una antena isotrópica.
  - Ángulo de elevación del sistema radiante.

- Obertura del haz.
- Altura de las antenas del sistema radiante.
- Densidad de potencia ( $w/cm^2$ ).
- Plano de emplazamiento de la antena expresado en coordenadas UTM, sobre cartografía de máximo: 1:2000 con cuadrícula incorporada.
- Plano de escala 1:5000 que exprese la situación relativa de los edificios confrontados.
- Certificación de clasificación y calificación del suelo que ocupa la instalación según el planteamiento urbanístico vigente.
- Planos a escala adecuada que expresen gráficamente la potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) máxima en W en todas las direcciones del diseño.
- Justificación técnica de la posibilidad de partición de infraestructura para otros operadores.

Las instalaciones de las antenas del tipo B, está sometida al permiso municipal ambiental, este permiso ambiental se tramita y resuelve simultáneamente con la licencia urbanística.

#### Obligaciones de los titulares de las instalaciones y antenas

En el siguiente artículo de conservación de instalaciones y antenas, se menciona que los titulares de la licencias serán los encargados del mantenimiento de seguridad y conservación; y también se tratan los temas de donde no se pueden o deben instalar las antenas y las posibles soluciones a ello.

A continuación, en el artículo 15, queda especificado las personas obligadas al cumplimiento de la Ordenanza vigente, en el caso de las antenas de tipo B serán las empresas difusoras del señal. En caso de incumplimiento de la ordenanza se adoptarán las medidas que sean necesarias, según lo que establece la normativa urbanística. Las órdenes de desmontaje y retirada de las instalaciones deberán cumplirse en un término de 15 días o de inmediato en caso de urgencia.

#### Infracciones y sanciones

El artículo 17 nos muestra como se clasifican las infracciones:

1. Muy graves:
  - La realización de instalaciones tipo B sin disponer de las correspondientes licencias urbanísticas y los permisos municipales ambientales.
  - Esconder o alterar dadas que se tengan que incorporar en los expedientes de licencia y permisos.
  - Falsear o alterar los certificados técnicos en los expedientes.
  - El incumplimiento de los requerimientos específicos formulados por la administración municipal.

- La negativa absoluta a facilitar información o prestar colaboración a las autoridades o agentes municipales.
- La reincidencia a faltas leves durante cinco años.

2. Graves:

- la manca de control y precaución en el ejercicio de la actividad, servicio o instalación.
- El incumplimiento de los requerimientos específicos que formule la administración municipal, siempre que sea por primera vez.
- La resistencia a suministrar dadas, facilitar información o prestar colaboración a la administración municipal o a sus agentes.
- La reincidencia a faltas leves durante tres meses.

3. Leves:

- Las simples irregularidades en la observación de las normas contenidas en esta ordenanza.
- Las cometidas por simple negligencia, siempre que la alteración o riesgos sea de escasa entidad.

Las sanciones a estas infracciones las establece el artículo 18:

- Las leves con una multa hasta el 10% de la cuantía máxima legal.
- Las graves con una multa hasta el 50% de la cuantía máxima legal.
- Las muy graves con una multa hasta el 100% de la cuantía máxima legal.

Disposición transitoria

Las instalaciones de tipo B dispondrán de un término de un año, para adoptar las medidas o realizar las modificaciones necesarias para adaptarse a las disposiciones de esta ordenanza.

## 13.2 ANEXO II

### RECOMENDACIÓN UIT-R BS.412-9.

#### Normas para la planificación de la radiodifusión sonora con modulación de frecuencia en ondas métricas

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT, recomienda que se utilicen las siguientes normas de planificación para la radiodifusión sonora con modulación de frecuencia en la banda 8 (ondas métricas):

**1.1)** En presencia de interferencias causadas por aparatos industriales o domésticos (para los límites de radiación causada por tales equipos, véase la Recomendación UIT-R SM.433, que da las recomendaciones pertinentes del Comité Internacional Especial de Perturbaciones Radioeléctricas (CISPR)), para obtener un servicio satisfactorio, el valor mediano de la intensidad de campo (medida a 10 m por encima del suelo) no debe ser inferior a los indicados en el Cuadro 1:

Zonas	Servicios	
	Monofónico dB( $\mu$ V/m)	Estereofónico dB( $\mu$ V/m)
Rural	48	54
Urbana	60	66
Grandes ciudades	70	74

**Cuadro 1. Intensidad de campo mínima con interferencias.**

**1.2)** En ausencia de interferencia procedente de equipos industriales y domésticos, puede considerarse que los valores de intensidad de campo (medidos a 10 m por encima del nivel del suelo) que aparecen en el Cuadro 2 proporcionan un servicio monofónico o estereofónico aceptable, respectivamente. Estos valores de la intensidad de campo se aplican cuando se utiliza una antena exterior para la recepción monofónica o una antena direccional con ganancia considerable para la recepción estereofónica (sistema de tono piloto, definido en la Recomendación UIT-R BS.450).

Servicios	
Monofónico dB( $\mu$ V/m)	Estereofónico dB( $\mu$ V/m)
34	48

**Cuadro 2. Intensidad de campo mínima sin interferencias.**

## **METODOS EMPÍRICOS DE PREDICCIÓN DE PROGRAMACIÓN.**

En radiocomunicaciones zonales, de punto a zona, existe, en general, una gran variabilidad de los trayectos de propagación. El estudio de la propagación puede efectuarse con numerosos métodos, adaptados a los distintos perfiles a lo largo de radiales trazados desde el transmisor, para distintas direcciones acimutales. Es habitual trabajar, como mínimo, con 12 radiales.

Si se desea más detalle, deberían trazarse más radiales y efectuar el estudio para los correspondientes perfiles, pero ello da lugar a un proceso largo y laborioso, sobre todo si se realiza manualmente.

Se presenta una situación similar cuando el terreno es orográficamente muy irregular o es de tipo urbano, ya que resulta entonces bastante difícil la modelación de los obstáculos. Para la cobertura de estos escenarios de propagación se han ido desarrollando procedimientos empíricos de estimación de la pérdida básica de propagación y de la intensidad de campo. Tales procedimientos se fundan en amplias campañas de mediciones y en una posterior correlación de las medidas con características generales descriptivas del medio de propagación.

Como los servicios de radiocomunicación de tipo zonal por antonomasia son los de radiodifusión y los móviles, éstos han sido los primeros y destacados destinatarios de los métodos empíricos de predicción de propagación.

Los primeros métodos se presentaron en forma de ábacos y curvas de propagación normalizadas, para su utilización manual. Posteriormente se han ido desarrollando versiones y ampliaciones de los mismos, adaptadas al cálculo por ordenador, a fin de incorporarlas en programas informáticos.

Los métodos empíricos proporcionan una estimación rápida de la pérdida básica de propagación o alternativamente, de la intensidad de campo en cualquier punto en torno a un transmisor.

A continuación se presenta uno de estos métodos, el propuesto en la Recomendación UIT-R P.1546.

### **MÉTODO DE LA RECOMENDACIÓN UIT-R P.1546.**

Se presenta en forma de curvas de propagación normalizadas para la predicción de valores de la intensidad del campo eléctrico en enlaces terrenales punto a zona, con aplicaciones a servicios de radiodifusión, móviles y fijos punto a multipunto, en la gama de frecuencias de 30 a 3000MHz y para distancias de 1.000 km.

Esta Recomendación proporciona familias de curvas estándar una PRA (Potencia radiada aparente) de 1kW en las frecuencias nominales de 100, 600 y 2000MHz para entornos de propagación tierra y mares cálidos y fríos, alturas efectivas de antenas de estación base de 10 a 1.200 m y alturas representativas de terminales a 10m.

Las curvas proporcionan valores de las intensidades de campo eléctrico rebasadas en el 50% de las ubicaciones durante el 1%, el 10% y el 50%

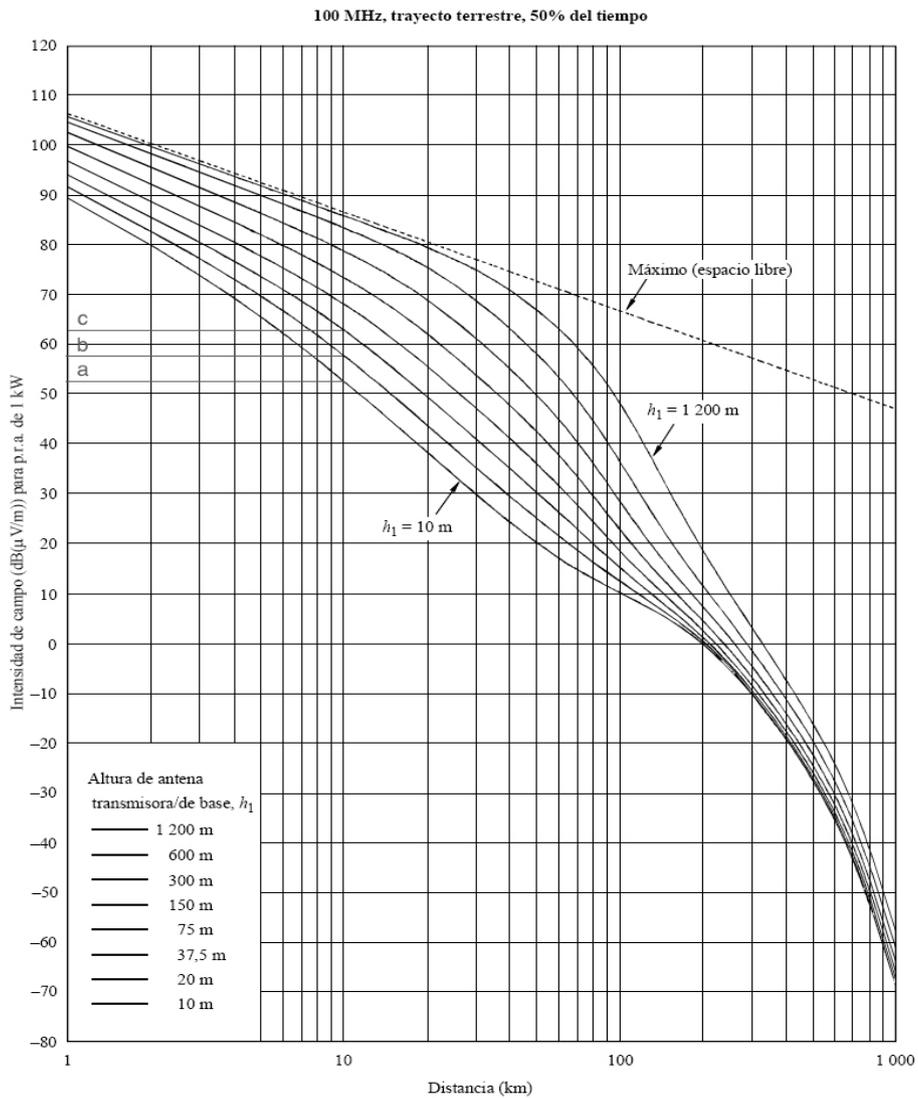
del tiempo. Se incluye una curva límite que da los valores máximos posibles de la intensidad de campo.

La recomendación contiene también coeficientes numéricos para el desarrollo de un método informático de predicción, como alternativa al empleo manual de las curvas. Se incluyen procedimientos de interpolación, extrapolación y cálculo de términos de corrección para realizar predicciones de campo en aplicaciones cuyos parámetros no coincidan con los valores estándar de las curvas.

*Utilización de las curvas:*

Tenemos que recordar las condiciones de trabajo de nuestra emisora para el uso de las curvas:

- a) La cobertura de la transmisión ha de ser de 10km de radio.
- b) Variación máxima del terreno no supera los 10m.
- c) En la región no existe ningún tipo de emisora que pueda provocar interferencias.



## Figura1.-Curvas de propagación normalizada.

Para trayectos en los que todos o parte de sus parámetros difieran de los que aparecen en las curvas es preciso realizar una serie de ajustes y correcciones. (Dichas correcciones aparecen en el Anexo 1

### Tipos de corrección:

#### a) *Interpolación-extrapolación en función de la frecuencia.*

En nuestro caso, al no existir ningún tipo de emisora en la zona, podemos aprovechar la frecuencia de 100Mhz utilizada en la gráfica, de esta manera no tendremos que aplicar ninguna corrección.

#### b) *Corrección por altura de la antena de recepción.*

Los valores de campo proporcionados por las curvas corresponden a una altura de recepción de referencia,  $h_R$  representativa de la altura de la morfografía del terreno en el entrono del receptor. Valores típicos de esta altura de referencia para zona rural son de 10m.

Cuando la altura de la antena de recepción es diferente de la altura de referencia, deberá añadirse una corrección al valor del campo extraído de las curvas. En nuestro caso, la altura de  $h_R$  es muy similar a la altura de referencia, por tanto no realizaremos este tipo de corrección.

#### c) Corrección para trayectos en medio urbano.

Nuestra emisora esta situada en medio rural.

#### d) *Corrección por despejamiento.*

Si se desea tener una estimación más precisa del campo en el entorno del receptor, en zonas específicas se aplica una corrección por ángulo de despojamiento del terreno. Al no disponer de mapas topográficos precisos es imposible aplicar esta corrección. Se acostumbra a utilizar este tipo de corrección en zonas con desniveles entre antena de recepción y transmisión superiores a los que acontece en nuestro proyecto.

#### f) *Corrección por altura de la antena transmisora:*

Para realizar una corrección de altura de es imprescindible el conocimiento exhaustivo de la topografía de la zona. Al no ser así, no aplicaremos estas correcciones y realizaremos una lectura de potencia para alturas especificadas en la grafica de 10, 20, y 37,5 metros.

Como podemos comprobar a través de la gráfica, a mayor altura de la antena, mayor potencia en la recepción para una misma distancia. Por tanto para recibir con la misma potencia a una misma distancia para alturas de antena distintas, necesitaremos un transmisor más potente para la antena situada en una altura inferior.

La relación potencia de transmisión del transmisor: precio, es mayor a la relación altura de la torre de la antena: precio, aproximadamente de 1:4 y

1:3, esta relación la podemos extraer a partir del siguiente apartado en el que se dispondrá de las potencias de los distintos transmisores para distintas alturas de antenas, respectivamente. Aún así el coste de transporte e instalación de la torre de transmisión hace que esta relación quede igualada.

Además en caso de que se desee aumentar la cobertura, resultaría más sencillo aumentar la torre de la altura de 10m a 20 m que de 20m a 37,5 m, o todavía peor, cambiar el transmisor.

Por ello ha decidido instalar la antena en una torre de 10 metros.

e) *Corrección por potencia de emisión.*

Nuestro objetivo es encontrar el valor de la potencia de salida del transmisor a utilizar. En la grafica la P.R.A. del transmisor es de 1KW.

Supongamos el caso en el que la potencia radiada aparente sea P dBkW, en este caso sumariamos este valor al obtenido en las curvas.

Ejemplo:

Si la potencia radiada aparente fuera 200=W, PRA= 10 log de (0,2) = -7dBkW. Si en las curvas se ha leído un campo igual a 62 dBu, el valor correspondiente a 200W será: 62 + (-7) = 55 dBu.

En nuestro caso, conocemos cual ha de ser la intensidad de campo recibida. Es la indicada en la RECOMENDACIÓN UIT-R BS.412-9 especificada con anterioridad. Para el caso de emisiones monofónicas y estereofónicas en presencia de interferencias causadas por aparatos industriales o domésticos, para obtener un servicio satisfactorio, el valor mediano de la intensidad de campo (medida a 10 m por encima del suelo) debe ser de 48/54 dB(μV/m).

Tenemos que los puntos a, b y c correspondientes a las alturas 10, 20, 37,5 metros de la gráfica corresponden a los valores 53, 58 y 63 dB (μV/m).

Por tanto siguiendo la formula:

$$\mathbf{P.R.A. = P_c - P_r}$$

**Pr** : Intensidad de campo (dB(μV/m)) para una P.R.A.de 1kW

**Pc**: Intensidad de campo corregida (para una P.R.A. distinta a 1kW)

**P.R.A.:** Potencia Radiada aparente (dB (μV/m))

PRA( dB)	Estéreo (54dB (mV/m)).	Mono (48 dB (mV/m). )
Altura 10m	1	-5
Altura 20m	-4	-10
Altura 37,5 m	-9	-15

**Cuadro 3. Potencia radiada aparente necesaria (dB ).**

$$\mathbf{P.R.A. (kW) = \log^{-1}(PRA(dB)/10)}$$

PRA( kW)	Estéreo (54dB (mV/m)).	Mono (48 dB (mV/m). )
Altura 10m	1	0,316

Altura 20m	0,39	0,1
Altura 37,5m	0,125	0,031

#### **Cuadro 4.-Potencia Radiada Aparente necesaria (kW).**

Para continuar con el cálculo de potencia del transmisor hemos de tener en cuenta dos puntos muy importantes.

a) El primero, hace referencia a la legislación que regula la transmisión de las radios comunitarias. A continuación se presentan los puntos más importantes de la Ley 9.612/98 que reglamenta este tipo de radios.

El Congreso Nacional decreta:

Art. 1º. Se denomina Servicio de Radiodifusión Comunitaria la radiodifusión sonora, en frecuencia modulada, operada en baja potencia y cobertura restringida, otorgada a las fundaciones y asociaciones comunitarias, sin fines lucrativos, con sede en la localidad de prestación del servicio.

1º. Se entiende por baja potencia el servicio de radiodifusión prestado a la comunidad, con potencia limitada a un máximo de 25 vatios y altura del sistema irradiante no superior a treinta metros.

2º. Se entiende por cobertura restringida aquella destinada a la atención de determinada comunidad de un barrio y/o villa.

Como puede comprobarse en la tabla de potencia radiada necesaria, el modelo de transmisión que más se adecua a este último punto es el del transmisor de 30 vatios, una transmisión monofónica, con una antena de 37,5 metros. Teniendo en cuenta que tendríamos que disminuir tanto la altura de la antena a 30m, y reducir la potencia radiada a 25 vatios, es posible que en ciertos puntos del asentamiento, el señal no llegue con la potencia aconsejada por la UIT de 48 dB (mV/m).

Desde esta perspectiva la viabilidad técnica del proyecto es un poco dudosa, ya que los objetivos de este proyecto es que la cobertura abarque todo el asentamiento. Según los cálculos efectuados, los puntos más alejados del centro de transmisión no dispondrían del nivel de señal aconsejado por la UIT 48 dB(µV/m). Cabe mencionar que la recepción por debajo de este nivel no implica la ininteligibilidad, y por ser esta una radio comunitaria, prima el contenido de la programación sobre la calidad del sonido, siempre que cumpla unos mínimos de inteligibilidad. Además tenemos que tener en cuenta el punto que se desarrolla a continuación:

b) Para el método utilizado con anterioridad la media cuadrática del error entre el valor estimado y el valor medido puede ser del orden de 10 a 14dB.

En cuanto a este último apartado comprobaremos que potencia será la requerida en el mejor y peor de los casos, y si existe algún margen de potencias que sea inferior a los 25 vatios para poder recibir con el nivel de

señal recomendado por la UIT cumpliéndose los objetivos del diseño del sistema de transmisión que es el de tener una cobertura de 10km de radio.

Para hacerlo seguiremos el mismo procedimiento utilizado con anterioridad. Si recordamos puntos anteriores para el cálculo de potencia, tenemos que los puntos a, b y c de la figura nº4 de curvas de propagación normalizada correspondientes a las alturas 10, 20, 37,5 metros de la gráfica corresponden a los valores 53, 58 y 63 dB ( $\mu\text{V}/\text{m}$ ), y que según la recomendación UIT-R P.1546 la potencia de mínima para obtener una correcta recepción en el transmisor ha de ser de 48 dB en una transmisión monofónica. La transmisión estereofónica queda descartada, ya que implica potencias más elevadas y como se comento con anterioridad, no forma parte de los objetivos de este proyecto obtener un nivel de calidad de sonido excepcional.

Por tanto siguiendo la formula:

$$\text{P.R.A.} = \text{Pc} - \text{Pr}$$

**Pr** : Intensidad de campo (dB( $\mu\text{V}/\text{m}$ )) para una P.R.A.de 1kW

**Pc**: Intensidad de campo corregida (para una P.R.A. distinta a 1kW)

**P.R.A.**: Potencia Radiada aparente (dB ( $\mu\text{V}/\text{m}$ ))

PRA( dB) (Mono)	48 + (Error +14dB) = 62	48 + (Error -14dB) = 34
Altura 10m	9	-19
Altura 20m	4	-24
Altura 37,5m	-1	-29

**Cuadro 3. Potencia radiada aparente necesaria (dB ).**

PRA( dB) (Mono)	48 + (Error +14dB) = 62	48 + (Error -14dB) = 34
Altura 10m	7,943	-0,0125
Altura 20m	2,511	-0.003
Altura 37,5m	0,794	-0.001

**Cuadro 4.-Potencia Radiada Aparente necesaria (kW).**

A continuación se muestra una tabla con los márgenes de error teniendo en cuenta que el transmisor transmita a una potencia de 25 watos.

$$0,025 = \log^{-1}(\text{PRA( dB)}/10) \Rightarrow \text{PRA(dB)} = -16$$

PRA( dB) (Mono)	Intensidad de campo	Margen de error dB
Altura 10 m	53-16 = 37	(48-37=11) -14 a -11
Altura 20 m	58 -16 = 42	(48-42=11) -14 a -6
Altura 37,5 m	63 -16= 47	(48-16=11) -14 a -1

**Cuadro 5.-Potencia Radiada Aparente necesaria (kW).**

Como podemos observar, utilizar un transmisor de 25 vatios entra dentro de los márgenes del posible error utilizando las tablas proporcionadas por la UIT. Según la altura de la antena, se acerca a los valores calculados con método de la recomendación UIT-R P.1546, en el caso de que el error sea menor que  $-11\text{dB}$  para la antena de 10 metros, menor que  $-6\text{dB}$  para la antena de 20 metros, y menor que  $-1\text{dB}$  para la antena de 37,5 metros.

### 13.3 ANEXO III

#### MODELO DE PROPAGACIÓN PARA EXTERIORES A FRECUENCIAS DE 50 MHz a 1GHz

##### I. INTRODUCCIÓN

El modelo que se presenta, pretende ser utilizado en la predicción de la cobertura de sistemas radioeléctricos de comunicaciones, en las bandas de VHF y UHF, en un rango de frecuencias entre 50 MHz y 1GHz. El modelo que se presenta aquí, se basa en las curvas de propagación de la FCC, F (50,50) [1] El parámetro utilizado para caracterizar la atenuación es el exponente de la distancia, cuyos valores medio o mediano, son independientes de la frecuencia,

Como se infiere de las propias curvas y de mediciones realizadas [2]. En realidad, el modelo no es otra cosa que la caracterización matemática de las curvas F (50,50) y permite la estimación del valor mediano de la atenuación, como función de la distancia y altura de la antena transmisora. Está referido a una altura de antena receptora de 9 metros. Es un hecho bien conocido que las curvas de propagación F(50,50) de la FCC han sido utilizadas satisfactoriamente durante décadas en el ejercicio práctico de la ingeniería de comunicaciones y proporcionan estimaciones adecuadas de la intensidad de campo  $E$ , indirectamente, de la potencia recibida en una inmensa cantidad de casos prácticos. Tales curvas fueron desarrolladas empleando valores obtenidos de mediciones de intensidad de campo eléctrico en diferentes áreas Geográficas y diferentes períodos de tiempo, y proporcionan los valores medianos de la intensidad de campo para dar servicio al 50% de las ubicaciones, durante el 50% del tiempo. Por consecuencia, estas curvas reflejan datos reales, no obtenidos a través de modelos teóricos [3].

##### II. TEORIA

En este modelo se asume que la potencia recibida, en condiciones reales de propagación en la cercanía de la tierra, no obedece la ley del inverso del cuadrado de la distancia, sino una de forma [4].

$$P_{iso} = \frac{P_{rad}}{d^n} \left( \frac{4\pi}{\lambda} \right)^2 \quad (1)$$

Donde  $P_{iso}$  es la potencia isotrópica equivalente recibida,  $P_{rad}$ , la potencia isotrópica equivalente radiada (PIRE),  $d$ , la distancia en metros entre las antenas transmisora y receptora,  $\lambda$  la longitud de onda y  $n$ , el factor de atenuación, cuyo valor es 2 en el espacio libre y que en general, en propagación terrestre, es mayor de 2. El valor de  $n$  engloba intrínsecamente todos los procesos físicos que intervienen en la

propagación, tales como reflexión, difracción, atenuación, etc., sin establecer necesariamente una relación entre su valor y la forma en que dichos procesos físicos afectan a dinámica del canal. Es claro que este parámetro no permite determinar explícitamente aspectos tales como fases y ángulos de llegada, dispersión de retardo, etc., únicamente la atenuación en el entorno de propagación. De (1), la atenuación en dB en el canal de propagación está dada por:

$$L = 10n \log(d) + L_0 \text{ (dB)} \quad (2)$$

En que el término  $L_0 = 20 \log(4\pi / \lambda)$  es la atenuación a un metro de separación entre antenas. El factor de atenuación  $n$ , es el parámetro utilizado en este trabajo para caracterizar la atenuación mediante (2). Este modelo es de naturaleza estadística, ya que  $n$  es una variable aleatoria, y ha sido utilizado en diferentes versiones para estimar la atenuación, tanto en entornos interiores como exteriores [5]. Este factor es independiente de la frecuencia [2], pero no lo es de la altura de las antenas transmisora y receptora, ni de la distancia entre ellas. Para establecer dicha relación experimentalmente, es necesario realizar una gran cantidad de mediciones en diferentes lugares, a distintas alturas y a diferentes distancias. Puesto que las curvas  $F(50,50)$  fueron obtenidas a partir de datos experimentales, proporcionan la información necesaria y suficiente, para establecer la relación del factor de atenuación con la altura y la distancia, de modo que en este trabajo se han utilizado dichas curvas para extraer de ellas la información numérica necesaria para construir el modelo. El modelo es aplicable a distancias entre 1.6 y 64 Km. Cabe hacer notar que el modelo que aquí se plantea, no pretende ser mejor que otros en uso. Es bien sabido que diferentes modelos de propagación producen resultados diferentes que con frecuencia resultan conflictivos para tomar decisiones, particularmente desde el punto de vista del dimensionado de la potencia radiada, que repercute directamente en el costo y fiabilidad del sistema y depende principalmente de la experiencia y buen juicio del ingeniero, la decisión final de qué modelo refleja mejor los resultados prácticos. El modelo planteado aquí ofrece una alternativa de fácil aplicación en la práctica de la ingeniería, en la que es frecuente enfrentarse a la fácil elección entre las predicciones o cálculos y las mediciones [6] y, en buena medida, combina ambas de una manera sencilla. Además, el modelo es independiente del tipo de sistema de comunicaciones; es decir, si es analógico o digital, pero no proporciona información sobre ángulos de llegada, fase, o dispersión de retardo, así como tampoco proporciona mayor información sobre la dinámica del canal, excepto el valor mediano la atenuación total, que es suficiente en la mayoría de los casos prácticos.

$a_{00}$	$a_{01}$	$a_{02}$	$a_{03}$	$a_{04}$
2.70414	0.00691419	$1.64202 \times 10^{-4}$	$-4.30076 \times 10^{-6}$	$2.38233 \times 10^{-8}$
$a_{10}$	$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{13}$	$a_{14}$
-0.0123957	$5.24056 \times 10^{-4}$	$-1.75643 \times 10^{-5}$	$2.4282 \times 10^{-7}$	$-1.11177 \times 10^{-9}$
$a_{20}$	$a_{21}$	$a_{22}$	$a_{23}$	$a_{24}$
$7.60572 \times 10^{-5}$	$-3.91766 \times 10^{-6}$	$1.34 \times 10^{-7}$	$-1.85925 \times 10^{-9}$	$8.54657 \times 10^{-12}$
$a_{30}$	$a_{31}$	$a_{32}$	$a_{33}$	$a_{34}$
$-2.20208 \times 10^{-7}$	$1.23702 \times 10^{-8}$	$-4.1595 \times 10^{-10}$	$5.67899 \times 10^{-12}$	$-2.58477 \times 10^{-14}$
$a_{40}$	$a_{41}$	$a_{42}$	$a_{43}$	$a_{44}$
$2.03856 \times 10^{-10}$	$-1.18905 \times 10^{-11}$	$3.9371 \times 10^{-13}$	$-5.31031 \times 10^{-15}$	$2.39849 \times 10^{-17}$

Tabla. 1. Evolución del factor de atenuación  $n$  en función de la altura  $h$  en metros y la distancia  $d$  en Km.

### III. PROCEDIMIENTO Y MODELO

Para establecer la dependencia de  $n$  respecto a la distancia y altura de la antena transmisora, se obtuvieron los valores de la intensidad de campo de la familia de curvas F (50,50), para distancias entre 1.6 y 64 Km y para alturas de

La antena transmisora entre 30 y 600 m. Las curvas asumen una altura constante de la antena receptora de 9 m, por lo que es necesario efectuar correcciones para alturas distintas a ésta. Para distancias superiores a unos 48 Km, las curvas F (50,50) para frecuencias superiores de 470 MHz no están basadas en mediciones y la teoría indica que la intensidad de campo decrece más rápidamente respecto a la distancia transhorizonte para frecuencias en la banda de VHF [7]. De las curvas se obtuvieron valores de intensidad de campo, para alturas constantes de la antena transmisora y se analizaron posteriormente. Aunque las curvas están referidas a unidades británicas, en el modelo que se presenta, han sido traducidas a unidades SI.

Aunque los valores de intensidad de campo obtenidos de las curvas están referidos a una PIRE de 1 KW, el cálculo de la potencia isotrópica recibida es directo para cualquier otro valor de la PIRE y el valor del factor de atenuación,  $n$ , puede calcularse fácilmente de (1) y (2):

$$n = \frac{P_{rad} (dBw) - P_{iso} (dBw) - L_0}{10 \log(d)} \quad (3)$$

Donde  $L_0$  está definida en (2) y la PIRE ( $P_{rad}$ ), así como la potencia isotrópica equivalente recibida ( $P_{iso}$ ) están expresadas en las mismas unidades logarítmicas (dBw o dBm). Esta última puede obtenerse fácilmente a partir de la intensidad de campo como:

$$P_{iso} = \frac{1}{480} \left( \frac{E\lambda}{\pi} \right)^2 \quad (4)$$

Donde  $E$  es la intensidad de campo, en V/m, obtenida de las curvas F (50,50) y conviene enfatizar que  $n$  es el valor mediano del factor de atenuación. En realidad los valores medio y mediano de  $n$  difieren sólo en aproximadamente 1% y, para el propósito del modelo, aquí pueden considerarse equivalentes. En resumen el procedimiento seguido para obtener el valor de  $n$  fue, primero obtener la intensidad del campo, de las curvas F(50,50), para diferentes alturas de antena transmisora y distancia, se obtiene luego Piso mediante (4) y finalmente  $n$  mediante (3). Obtenido el conjunto de valores de  $n$  como función de la distancia y de la altura de la antena.

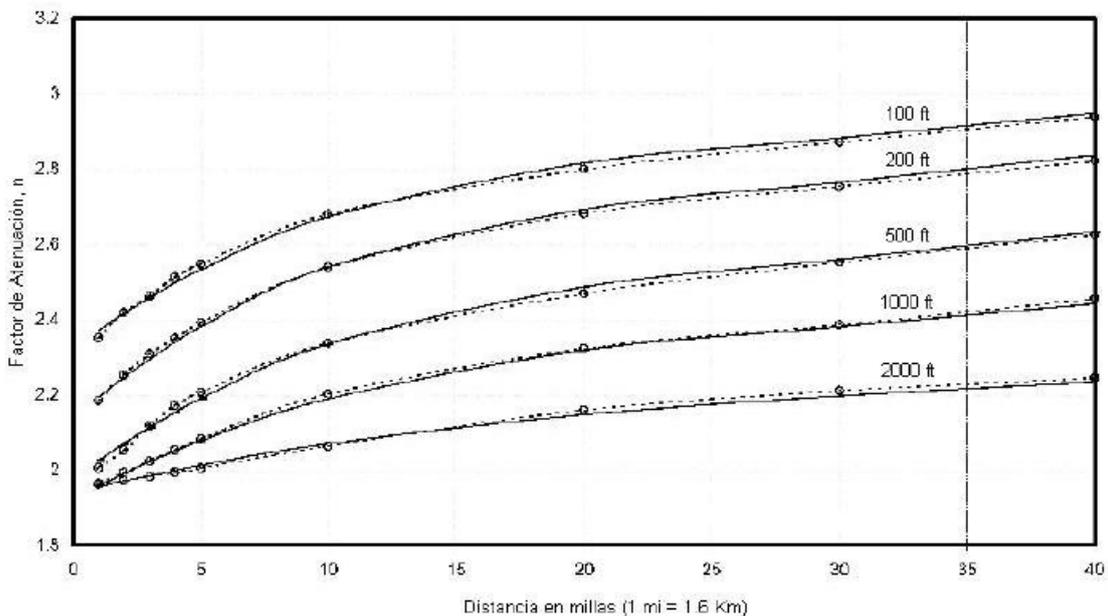


Fig. 1. Evolución del factor de atenuación  $n$  en función de la distancia en millas

Por la altura de la antena transmisora en pies (1 pie » 0,3 m) altura de la antena transmisora, se ajustaron los valores de  $n$  a un modelo polinomial de cuarto grado:

$$n = \sum_{i=0}^4 \sum_{j=0}^4 a_{ij} h^i d^j \quad (5)$$

El ajuste polinomial se realizó utilizando el software Stanford Graphics® para obtener los coeficientes  $a_{ij}$ , cuando  $h$  está en metros y  $d$  en Km. Los coeficientes del modelo se muestran en la Tabla I y conviene hacer notar que, aún cuando algunos de los coeficientes son muy pequeños y, aparentemente, podrían despreciarse, por ejemplo si  $a_{44}$  se hace cero, los resultados difieren considerablemente de los correctos. Por consecuencia, para implementar el modelo, deben utilizarse todos los coeficientes con el número de decimales que aparece en la tabla. La

tabla I muestra los valores del caso bidimensional más general, y de él pueden derivarse modelos unidimensionales más simples, uno para distancia constante y altura variable y otro, más adecuado a la mayoría de los casos prácticos, para altura constante y distancia variable.

#### IV. RESULTADOS

El modelo (5) se ajusta muy bien a los valores de las curvas FCC (50,50), como se puede apreciar de las figuras 1 y 2 para el factor de atenuación  $n$ . La máxima desviación del valor de  $n$ , respecto al obtenido a partir de las curvas es de 1.23%, lo que en la intensidad de campo se traduce en diferencias del orden de 0.6 dB.

#### V. CONCLUSIONES

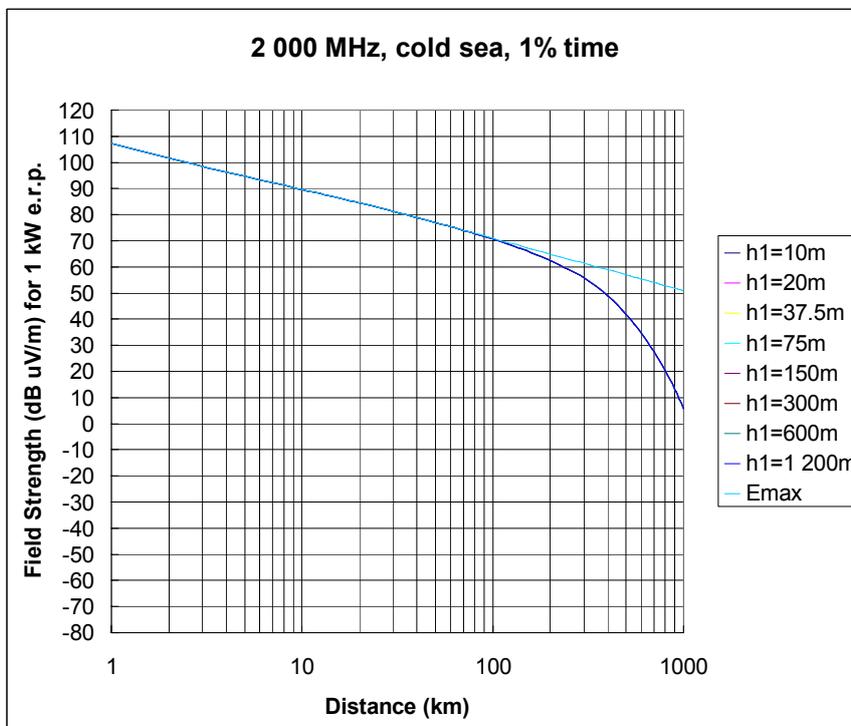
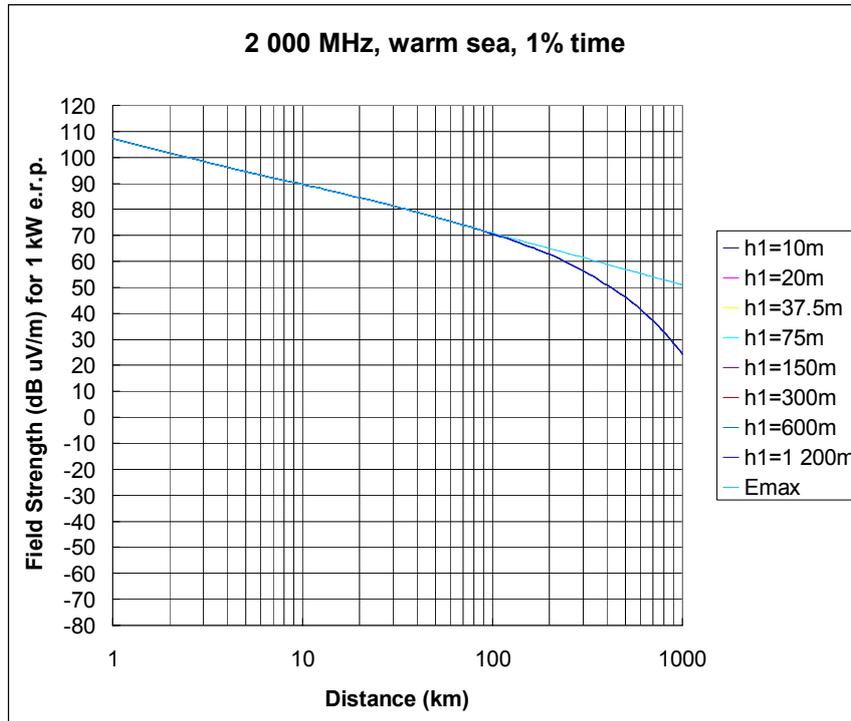
Se ha desarrollado un modelo de atenuación, de fácil implementación y aplicación en la práctica, basado en los datos experimentales que proporcionan las curvas F (50,50) de la FCC. El modelo permite obtener el valor mediano de

La atenuación en el entorno terrestre de propagación y es aplicable en un rango de frecuencias de 50 a 1000 MHz. El ajuste del modelo con las curvas F (50,50) puede considerarse excelente para distancias entre 1.6 y 64 Km. Los valores se basan en una altura de la antena receptora de 9 m.

#### REFERENCIAS

- [1] Code of Federal Regulations, Title 47, Chapter 1. Federal Communicatios Comisión. Part 73. Radio Broadcast Services. Secs. 73.683, 73.684 and 73.669.
- [2] Pérez-Vega, C. and García, J.L. "Frequency behavior of a power law path-loss model". Proc. 10th Microcoll. Budapest, March 1999.
- [3] Barringer, M. H. and Springer, K. D. Radio Wave Propagation. Chap. 2.8 of NAB Engineering Handbook, 8th Ed. NAB, Washington, DC, 1992.
- [4] Perez-Vega, C. and Garcia, J. L. "A simple approach to a statistical pathloss model for indoor communications". 27th European Microwave Conf. Proc. Jerusalem, 1997.
- [5] Cox, D. C. et al. "800-MHz attenuation measured in and around suburban houses". BTSJ, Vol. 63, N° 6, pp. 921-955. Aug. 1984.
- [6] Bach Andersen, J. Rappaport, T. and Yoshida, S. "Propagation measurements and models for wireless communication channels". IEEE Comm. Mag. Jan. 1995, pp. 42-49.
- [7] Perez-Vega, C. and Zamanillo, J. M. "Indoor propagation at 2.45 GHz for TV applications". Proc. Microwave Symposium 2000 (MS'2000). Tetuan, Morocco, May, 2000.
- [8] Stielper, J. W. The measurement of FM and TV field strengths (54 MHz – 806 MHz). Chap. 2.11 of NAB Engineering Handbook, 8th Ed. NAB, Washington, DC, 1992



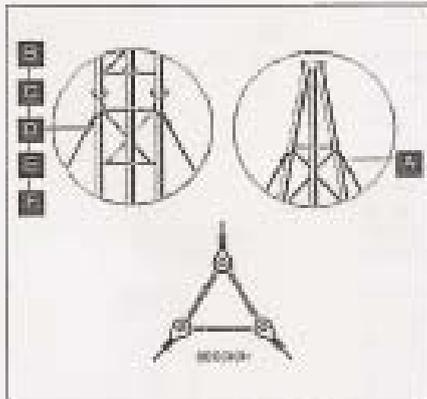


## 13.4 ANEXO IV

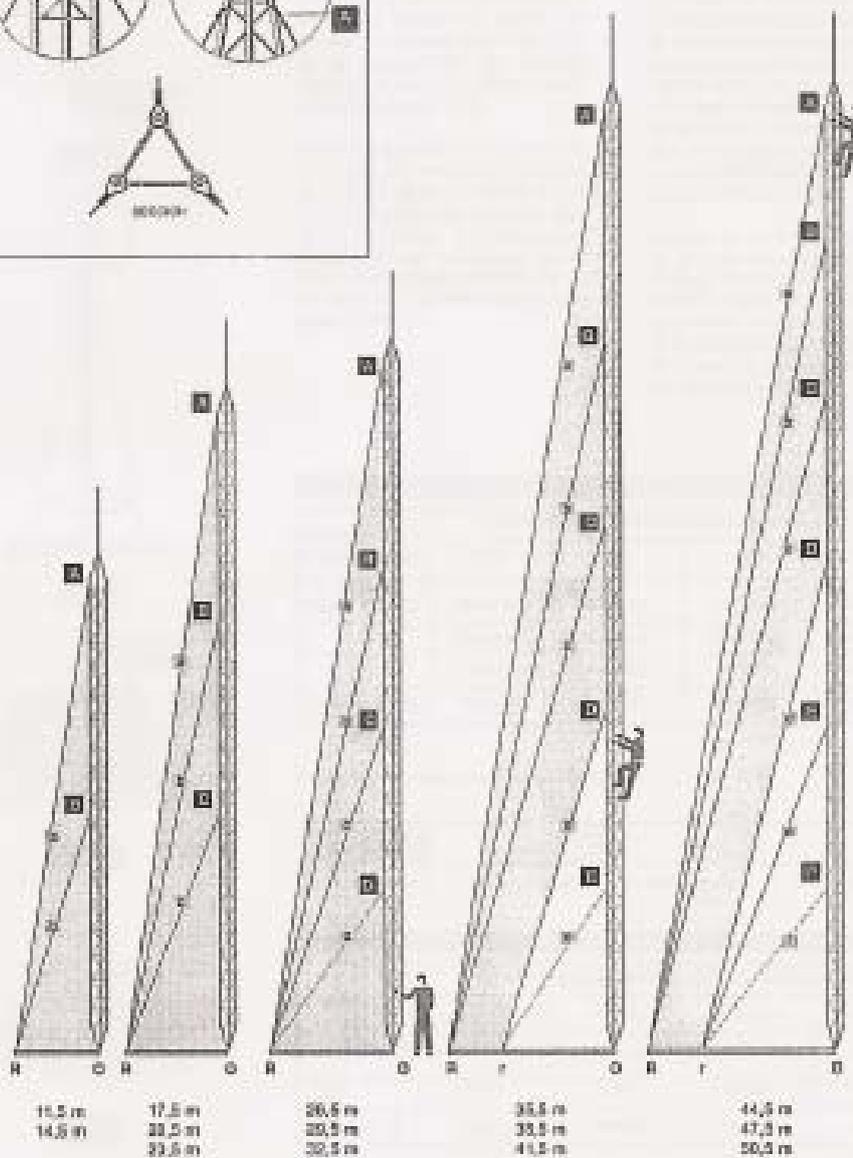
### Anclajes

Modelo 360

Instrucciones  
para el montaje



#### ANCLAJE DE VIENTOS EN TORRETA



# Torres Arriostrables

# Instrucciones para el montaje

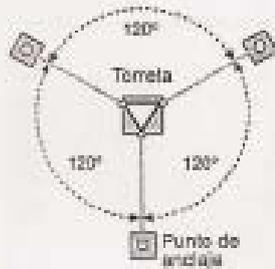


Fig. 1



Fig. 2

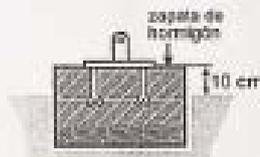


Fig. 3

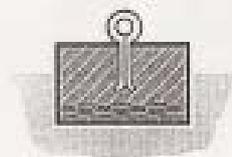


Fig. 4

## Emplazamiento

La torreta se supone situada sobre un suelo plano, en situación normal, para soportar las cargas dinámicas de trabajo normales según las Normas españolas MV-101 y NTE-ECV "cargas de viento", en las internacionales DIN 1055 (72), en las belgas NBN 150, italiana CNR-AGA, francesa MRU y americanas A.S.C.E. 1932.

Eligir la situación de la base y de los puntos de anclaje de vientos en el terreno como se indica en la figura 1, teniendo en cuenta la altura de la torreta a instalar para determinar las distancias de la base a los anclajes (indicadas en la tabla de características para cada torreta).

## Base de la torreta

La base de la torreta (ref. 3025, 3026, ó 3039 para el modelo 180; y 3056, ó 3039 para el modelo 360) deberá embutirse en una zapata de hormigón tal como se ilustra la figura 3, esta zapata deberá realizarse con la suficiente antelación para permitir el fraguado del hormigón. La zapata deberá sobresalir del suelo unos 10 cm, aproximadamente, sus dimensiones (largo x ancho x alto) se indican en la tabla 1 en función de la resistencia del terreno y de la carga vertical sobre la base.

Cuando la instalación de la torreta se efectúe sobre tejado, azotea u otro lugar de un edificio, el instalador tomará todos las precauciones necesarias de acuerdo con el arquitecto responsable del edificio, a fin de conocer la resistencia mecánica de estas zonas.

Tabla 1

Posibilidad del terreno en kg/cm <sup>2</sup>	CARGA VERTICAL, SOBRE LA BASE (ver tablas III y IV)			
	<200	<300	+400	+500
II	16x16x60	20x20x70	25x25x70	32x32x70
I	20x20x60	25x25x70	32x32x70	40x40x70
II (potencia vacía)	16x16x50	20x20x60	25x25x70	32x32x70

Resistencia de diversos terrenos (kg/cm<sup>2</sup>)



Tabla 2

Zapata de hormigón	Tensión en los puntos de anclaje de vientos (ver tablas III y IV)			
	Tiro vertical +600 Kg	+800 Kg	+1.400 Kg	+2.100 Kg
Tiro horizontal	+200 Kg	+300 Kg	+1.400 Kg	+2.100 Kg
Altura	70 cm	70 cm	80 cm	90 cm
Superficie	25x25	32x32	40x40	50x50

## 13.5 ANNEXO V

### **Radio Mobile v.9.5**

En la página principal de Radio Mobile puede descargar gratuitamente el programa, consultar guías de utilización, acceder al grupo Yahoo de discusión de Radio Mobile y consultar las especificaciones o “data sheet” del programa.

<http://www.cplus.org/rmw/download/download.html>

Cómo instalar el programa de simulación de radio-propagación Radio Mobile:

#### **Step 1**

For old versions of Windows or Linux:

Download the **Visual Basic Runtime (Service pack 6)** [File vbrun60sp6.exe](#) from **Microsoft**.

Install it on your PC before executing the next steps (you may have to reboot).

#### **Step 2**

Create a program directory to place the contents of the following files.

Example:

"C:\Radio\_Mobile"

#### **Step 3**

Installation of [rmwcore.zip](#) is required for all languages!

#### **Step 4**

Installation of [rmwupdate.zip](#) is required for all languages!

#### **Step 5**

Brazilian Portuguese language by Marcio Pereira

German language by Arnold Tibus

English language by Roger Coudé

French language by Roger Coudé

Greek language by Ioannis Liaskos

Italian language by Gian Leonardo Solazzi and Gabriele Memeo

Dutch/Flemish language by Gust Mariens

Spanish language by Juan Andrés González

Turkish language by A. Tahir DENGIZ

### **Step 6**

Create a data directory structure.

Example:

"C:\Geodata"

"C:\Geodata\srtm1"

"C:\Geodata\srtm3"

"C:\Geodata\GTOPO30"

"C:\Geodata\Terraserver"

"C:\Geodata\Landsat"

"C:\Geodata\OpenStreetMap"

### **Step 7**

Insure that no other instances of Rmwdlx32.dll exists on your system. If you want to put the program at more than one location, you should put Rmwdlx32.dll (and other dlls) in c:\Windows\system32.

To get a World Map with SRTM continent definition, extract [File wmap.zip](#) in the program directory.

By reading and editing the file Map\_Link.txt with Notepad, the program can access various map layers for personal use only.

### **Extras steps**

→ Descargue los siguientes archivos comprimidos y descomprimalos en el directorio que ha creado, respetando este orden:

- sup.zip suplementos para Radio Mobile.
- net.zip ejemplo de red.

→ Para crear un acceso directo en su escritorio, abra el directorio

C:\Archivos de programa\Radio Mobile, seleccione copiar sobre el icono RMWDLX, sitúese sobre el escritorio y seleccione pegar acceso directo.

→ Para habilitar la descarga de mapas desde Internet, por ejemplo de Google Maps, es necesario abrir el archivo Map\_Link.txt situado en la carpeta en la que ha instalado Radio Mobile y borrar los apóstrofes de las primeras líneas:

'www.expedia.com

'virtualearth.net

'map.access.mapquest.com

'google.com

→ Para obtener funcionalidades extra puede descargar las siguientes librerías (DLL):

- freeimage.zip permite guardar imágenes en formatos jpeg, tiff y png.

Probablemente ya dispone de estas funciones.

- unzip32.zip permite la descarga automática de archivos SRTM comprimidos.

## 13.6 ANNEXO VI

---

### DEFINICIONES

A los efectos de una correcta interpretación de la presente norma, se establecen las siguientes definiciones:

1.1.- Estación de Radiodifusión Sonora por modulación de frecuencia: Estación del Servicio de

Radiodifusión autorizada para la transmisión de sonido mediante la emisión de una portadora radioeléctrica modulada en frecuencia destinada a la recepción directa por el público en general.

1.2. - Modulación de frecuencia: Sistema de modulación por el que la frecuencia instantánea de una portadora radioeléctrica, de amplitud constante, es variada en proporción al valor instantáneo de una señal moduladora.

1.3. - Índice de modulación: Es la relación entre la máxima desviación de la frecuencia instantánea de la portadora y la frecuencia moduladora.

1.4. - Porcentaje de la modulación: Se define como 100% de modulación a una desviación de la frecuencia de portadora principal igual a  $\pm 75$  KHz

1.5. - Canal para el Servicio de Radiodifusión sonora por modulación de frecuencia: Rango de frecuencias dentro de la banda atribuida para el Servicio de Radiodifusión Sonora por modulación de frecuencia que se asigne a una estación de dicho servicio. Cada canal tiene una anchura de 200 KHz y se designa por un número ó su frecuencia central.

1.6. - Banda de frecuencia para el Servicio de Radiodifusión Sonora por modulación de frecuencia: Es la banda del espectro radioeléctrico comprendida entre las frecuencias 88 MHz y 108 MHz, dividida en 100 canales sucesivos desde el 201 al 300 siendo la frecuencia central para el primer canal de 88,1 MHz, y la del último 107,9 MHz .

1.7. - Frecuencia del canal: Es la frecuencia central del canal asignado a una estación, la cual coincide con la frecuencia de portadora emitida en ausencia de señal modulante.

1.8. - Ganancia de antena: Es la relación entre la potencia necesaria a la entrada de una antena de referencia y la potencia suministrada a la entrada de la antena en cuestión, para que ambas antenas produzcan en una dirección dada, el mismo campo electromagnético a la misma distancia. Se tomará como antena de referencia un dipolo de media onda que, en condiciones de espacio libre, produce un campo eléctrico de 221,4 mV/m en el plano horizontal a 1 Km, cuando la potencia suministrada es de 1 KW.

1.9. - Diagrama de directividad de una antena: Diagrama en coordenadas polares o cartesianas que representa la ganancia de una antena en función del ángulo entre la dirección de máxima radiación y cada dirección, ya sea en el plano horizontal o vertical.

1.10.- Ángulo de apertura del lóbulo principal: Es en ángulo comprendido entre dos semirrectas a uno y otro lado de la semirrecta de máxima radiación, para las cuales la ganancia de potencia cae 3 dB respecto a la correspondiente a esta última.

---

1.11.- Potencia radiada efectiva (P.R.E.): Es la potencia suministrada a la antena multiplicada por su ganancia. Para determinarla deben considerarse las pérdidas en el sistema alimentador de antena. Cuando se emplea polarización circular o elíptica, la definición de potencia radiada efectiva se aplica separadamente a los componentes de radiación horizontal y vertical.

1.12.- Área de servicio estimada: Es el área encerrada dentro de un determinado contorno de intensidad de campo eléctrico, donde la estación es recibida con un nivel de calidad aceptable.

1.13. - Contorno protegido: Es una línea imaginaria, definida en términos de intensidad de campo eléctrico, que encierra un área dentro de la cual la recepción está libre de interferencias provenientes de otras estaciones del mismo servicio, teniendo en cuenta los cálculos efectuados según la presente norma.

1.14.- Transmisión múltiplex en el Servicio de Radiodifusión Sonora por modulación de frecuencia: Transmisión simultánea de una o más subportadoras con diferente información (por ejemplo la frecuencia modulada estereofónica, es un sistema múltiplex).

1.15.- Radiodifusión estereofónica: Es la emisión de un programa estereofónico, por una estación del Servicio de Radiodifusión Sonora por modulación de frecuencia que utiliza la portadora principal modulada por una señal monofónica compatible y una subportadora conteniendo una señal que permite recomponer la señal estereofónica en el receptor.

1.16.- Sistema estereofónico de frecuencia piloto: Sistema que emplea una frecuencia piloto de referencia de 19 KHz y una subportadora de frecuencia doble a la anterior (38 KHz), modulada en amplitud con portadora suprimida.

1.16.1.- Señal I (D): Señal del canal izquierdo (derecho) de un programa estereofónico.

1.16.2. - Señal M: Señal compatible del canal principal monofónico, igual a la semisuma de las señales I y D:  $(I+D)/2$ .

1.16.3. - Señal S: Señal del canal auxiliar de sonido estereofónico comprendido entre las frecuencias de 23 KHz a 53 KHz, producto de las bandas laterales que se obtienen al modular en amplitud una portadora de 38 KHz por la semidiferencia de las señales I y D:  $(I-D)/2$ , con portadora suprimida.

1.16.4.- Banda base: Banda de la señal que modula la frecuencia a la portadora principal. Esta banda contiene los espectros de todas las señales (señal m, señal S, subportadora piloto y eventuales del servicio subsidiario).

1.17. - Servicio subsidiario: Servicio que mediante una transmisión múltiplex, permite hacer emisiones conjuntamente con las del Servicio de Radiodifusión Sonora por modulación de frecuencia, utilizado para ello subportadoras moduladas. La utilización de este servicio no debe afectar la calidad de las emisiones del servicio principal de Frecuencia Modulada.

1.18.- Interferencia: Efecto de una energía no deseada debida a una o varias emisiones, radiaciones, inducciones o sus combinaciones sobre la recepción de un sistema de radiocomunicación, que se manifiesta como degradación de la calidad, falseamiento o pérdida de la información que se podría obtener en ausencia de esta energía no deseada.

1.19. - Área de bloqueo: Es el área comprendida dentro del contorno de 115 dB $\mu$ V/m 562 mV/m, adyacente a la antena transmisora de una estación del

Servicio de Radiodifusión Sonora por modulación de frecuencia, en la cual pueden quedar interferidas otras emisiones radioeléctricas.

1.20. - Relación de protección: Valor mínimo de la relación entre la señal deseada y la señal no deseada a la entrada del receptor, determinado en condiciones especificadas, que permite obtener una calidad de recepción especificada de la señal deseada a la salida del receptor.

### DISTRIBUCION DE CANALES.

La banda para este servicio, comprendida entre 88 y 108 MHz, se divide en 100 canales de 200 KHz cada uno.

Se detallan seguidamente las frecuencias y numeración correspondiente:

FRECUENCIA (MHz)	CANAL N°	FRECUENCIA (MHz)	CANAL N°	FRECUENCIA (MHz)	CANAL N°
88.1	201	94.9	235	101.7	269
88.3	202	95.1	236	101.9	270
88.5	203	95.3	237	102.1	271
88.7	204	95.5	238	102.3	272
88.9	205	95.7	239	102.5	273
89.1	206	95.9	240	102.7	274
89.3	207	96.1	241	102.9	275
89.5	208	96.3	242	103.1	276
89.7	209	96.5	243	103.3	277
89.9	210	96.7	244	103.5	278
90.1	211	96.9	245	103.7	279
90.3	212	97.1	246	103.9	280
90.5	213	97.3	247	104.1	281
90.7	214	97.5	248	104.3	282
90.9	215	97.7	249	104.5	283
91.1	216	97.9	250	104.7	284
91.3	217	98.1	251	104.9	285
91.5	218	98.3	252	105.1	286
91.7	219	98.5	253	105.3	287
91.9	220	98.7	254	105.5	288
92.1	221	98.9	255	105.7	289
92.3	222	99.1	256	105.9	290
92.5	223	99.3	257	106.1	291
92.7	224	99.5	258	106.3	292
92.9	225	99.7	259	106.5	293
93.1	226	99.9	260	106.7	294
93.3	227	100.1	261	106.9	295
93.5	228	100.3	262	107.1	296
93.7	229	100.5	263	107.3	297
93.9	230	100.7	264	107.5	298
94.1	231	100.9	265	107.7	299
94.3	232	101.1	266	107.9	300
94.5	233	101.3	267		
94.7	234	101.5	268		

---

## CATEGORÍA DE LAS ESTACIONES

### 3.1. - CONTORNOS

La categoría de una estación queda determinada por el área de servicio estimada. Se considera

como límite de la misma, el contorno de 48 dB $\mu$ V/m (250  $\mu$ V/m).

Los cálculos se realizan conforme a la metodología establecida en el capítulo 4 de la presente.

Con el equipamiento máximo correspondiente a las diferentes categorías, los radios de área

estimada de servicio son los siguientes:

<b>CATEGORIA RADIO (48 dB<math>\mu</math>V/m - 250 <math>\mu</math>V/m)</b>	<b>ÁREA ESTIMADA Km</b>
A	90
B	80
C	70
D	45
E	28
F	22
G	9,5

### 3.2. - POTENCIA RADIADA EFECTIVA Y ALTURA MEDIA DE ANTENA

Para cada categoría se establecen los siguientes valores máximos y mínimos de la potencia radiada efectiva (P.R.E.) y altura media de antena típica (Hma).

<b>CATEGORIA</b>	<b>P.R.E. (Kw)</b>		<b>Hma (mts.)</b>
	<i>Mínima</i>	<i>Máxima</i>	
A	40	110	200
B	20	40	150
C	4	20	150
D	1	4	100
E	0,3	1	75
F	0,05	0,3	60
G	0,01	0,05	30

### 3.3. - LIMITACIONES A LA POTENCIA RADIADA EFECTIVA Y A LA ALTURA MEDIA DE ANTENA

3.3.1. - En ningún caso se podrá exceder el límite de potencia establecido en la tabla para la categoría de estación.

3.3.2. - Se dará prioridad de asignación, a todo requerimiento de nueva emisora que proponga mayor ganancia de antena, en compensación de una menor potencia de transmisor, a los efectos de alcanzar la categoría solicitada.

---

3.3.3. - En los casos en que para el sistema radiante se utilice polarización circular o elíptica, los componentes vertical y horizontal no deberán superar la potencia radiada efectiva (P.R.E.) máxima autorizada.

3.3.4. - La altura media de antena ( $H_{ma}$ ) podrá superar lo especificado en la tabla, para lo cual la potencia radiada efectiva (P.R.E.) deberá ser reducida de tal forma que el radio del área de servicio estimada no exceda lo especificado en el punto 3. I.

## CONTORNOS DE INTENSIDAD DE CAMPO

4.1. - Determinación de los contornos:

En los casos que corresponda según la categoría de la estación o en aquellos casos en que la SECRETARIA DE COMUNICACIONES DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION lo requiera con motivo de la realización de estudios específicos de compatibilidad electromagnética se requerirá de los licenciatarios o solicitantes los contornos de intensidad de campo eléctrico correspondientes al área estimada de servicio y al contorno protegido de la estación, calculados conforme a lo establecido en el presente capítulo.

El área de servicio estimada, será considerada con el propósito de estimar la cobertura resultante, a partir de la selección del lugar de emplazamiento de la planta transmisora.

Para el cálculo del área de servicio estimada de estaciones correspondientes a las categorías "E", "F" y "G", se aplicará, en todos los casos, la metodología de cálculo para zonas de baja rugosidad detallado en el inciso 4.1.1 del presente capítulo.

Para la determinación de los contornos de intensidad de campo se tomarán en cuenta los siguientes parámetros:

Cota del terreno ( $H_o$ ): cota correspondiente al punto de elevación del mástil.

Altura de la antena ( $H_a$ ): altura resultante de sumar la cota del terreno más la altura del centro de radiación de la antena con respecto a dicha cota.

Factor de rugosidad del terreno ( $D_h$ ): que se determina de la siguiente manera: con centro en el punto de emplazamiento del sistema radiante se traza una corona circular con un radio menor de 10 Km. y uno mayor de 50 Km. Sobre la misma se trazan 8 radiales -uno de ellos dirigido al norte geográfico, tomando sobre cada radial, 41 puntos separados entre sí por 1 Km. Se ordenan los 328 puntos según la altura, descartándose los 32 puntos más altos y los 32 más bajos. La diferencia de altura entre el punto más alto y el más bajo de los 264 puntos restantes, es el factor de rugosidad del terreno para ese sitio.

4.1.1-Contornos de intensidad de campo determinados para una zona de baja rugosidad ( $D_h$  menor que 90 m).

---

Los contornos de intensidad de campo se determinan teniendo en cuenta los siguientes parámetros y procedimientos:

Altura media de antena (Hma): diferencia entre la altura de la antena  $H_a$  y la altura media del terreno  $H_{mt}$ .

$$H_{ma} = H_a - H_{mt}$$

Altura media del terreno (Hmt): se determina en base al promedio de las cotas de los puntos ubicados en una corona circular con centro en el punto de elevación del mástil y que tiene un radio menor de 3 Km. y uno mayor de 15 Km. Dentro de esa corona circular se trazan 8 radiales cada 45 grados, uno de ellos dirigido al norte geográfico. Sobre cada radial se toma la cota de 13 puntos espaciados entre sí 1 Km. El promedio de las cotas se efectúa primeramente sobre cada radial y luego se promedian los 8 valores así obtenidos.

#### CONSIDERACIONES

1. - Cuando dentro de la corona circular haya extensiones de terreno donde no se espera brindar servicio, grandes superficies de agua, o quede fuera del territorio argentino, los puntos correspondientes no se tomarán en cuenta.
2. - En los casos en que la altura media de antena  $H_{ma}$ , resulte menor que 30 m., se tomará este valor para ingresar a los gráficos del capítulo 11.
3. - Cuando en el uso de los gráficos (50,50) del capítulo 11, se obtenga una distancia menor que 1,5 Km, dicho valor se tomará como válido.
4. - Para estaciones cuyo diagrama de irradiación sea directivo, el cálculo de la altura media del terreno deberá efectuarse tomando en cuenta el área a servir y los radiales serán trazados cada 30 grados sobre la corona circular de 3 a 15 Km. de radio anteriormente mencionada. No obstante deberá indicarse en el mapa y en la planilla correspondiente, la cota de todos los puntos espaciados cada kilómetro, de los 12 radiales trazados.

#### Calculo del contorno

Con estos parámetros, la potencia radiada efectiva (P.R.E.) en cada dirección de radial considerado y las curvas (50,50), se determina el o los contornos de intensidad de campo solicitados.

4.1.2- Contornos de intensidad de campo determinados por una zona de alta rugosidad ( $D_h$  mayor que 90 m).

Los contornos de intensidad de campo se determinarán, teniendo en cuenta los siguientes parámetros y procedimientos:

Altura media del terreno en función del ángulo azimutal,  $H_{mt}(j)$ : Para su cálculo se traza una corona circular con un radio menor de 3 Km. y uno mayor de 15 km. Se trazan sobre ésta 36 radiales separados entre sí 10 grados, con uno de ellos dirigido al norte geográfico. Sobre cada radial se toma la cota de 13 puntos espaciados entre sí 1 Km., Con las cotas correspondientes a cada radial, se calculan los promedios respectivos, obteniéndose  $H_{mt}(j)$ . Donde  $j$  es el ángulo azimutal respecto al norte geográfico.

---

Factor de rugosidad en función del ángulo azimutal, expresado en metros, Dh (j): se calcula en 36 radiales separados entre sí 10 grados. Sobre cada radial se toman 41 puntos separados entre sí 1 Km., entre los 10 y 50 km., Estos puntos se ordenan de mayor a menor descartándose los 4 puntos más altos y los 4 puntos más bajos. La diferencia entre el punto más alto y el más bajo de los 33 puntos restantes es el Dh (j).

Factor de corrección DE (j): a aplicar a los gráficos de intensidad de campo estimada), se calcula en base a la siguiente expresión:

$$DE (j) = 1,9 - 0,03 [Dh (j)]. (1+ f/300)$$

f: frecuencia expresada en MHz

DE (j): factor de corrección expresado en dB

Altura media de la antena Hma (j): se determina en cada dirección, con la siguiente expresión:

$$Hma (j) = Ha - Hmt (j)$$

Calculo de contornos:

Para calcular a qué distancia se coloca una intensidad de campo dada, en cada dirección, se debe entrar en el gráfico correspondiente según el caso, con el valor de Hma(j) en el eje horizontal y con el valor de Eo (j) en el eje vertical.

El valor de Eo (j) se obtiene de la siguiente expresión:

$$Eo(j) = E - PRE (j) - DE (j)$$

E: intensidad de campo eléctrico expresado en dBμV/m.

P.R.E. (j), Potencia radiada efectiva en función del ángulo azimutal, expresada en dBk, y teniendo en cuenta la ganancia de antena en la dirección de interés.

Con estos parámetros se determina el contorno de intensidad de campo solicitado.

Alternativamente, para la determinación de los contornos de intensidad de campo, puede utilizarse las curvas publicadas por la UIT en su recomendación R PN. 370-6, para la banda en cuestión.

#### 4.2. - Cartografía a utilizar.

Los mapas a utilizar serán los editados como cartas topográficas del Instituto Geográfico Militar, o planos catastrales editados por los organismos respectivos u otros elementos que permitan definir con mayor precisión la cota del punto de emplazamiento como la topografía del área circundante.

Cuando para una zona en particular no estén disponibles, podrán utilizarse cartas de otros organismos nacionales, provinciales o municipales.

En el mapa presentado la ubicación del sistema radiante deberá estar perfectamente indicada, con sus coordenadas geográficas y la correspondiente cota con respecto al nivel del mar.

---

## RELACIONES DE PROTECCIÓN

5.1. - La relación de protección está dada por la siguiente expresión:

$$R.P. = Sd/Snd$$

Donde:

Sd = nivel de la señal deseada en el contorno protegido

Snd= nivel de la señal no deseada en el contorno interferente.

El nivel de intensidad de campo en el contorno protegido es de 60 dB $\mu$ V/m para emisoras categorías "A", "B", "C" y "D" y de 80 dB $\mu$ V/m para emisoras categorías "E", "F" y "G".

El nivel de intensidad de campo del contorno interferente surge de aplicar la relación de protección correspondiente al contorno protegido, utilizando los gráficos para el 50% del tiempo y 10% de las ubicaciones.

5.1.1. - Valores de relación de protección, para emisoras categorías "A", "B", "C" y "D":

Frecuencia (KHz)	dB	Relación
0	+ 26 dB	20:1
$\pm 200$	+ 6 dB	2:1
$\pm 400$	- 20 dB	1:10

5.1.2. Valores de relación de protección, para emisoras categorías "E", "F" y "G":

Frecuencia (KHz)	dB	Relación
0	+ 20 dB	10:1
$\pm 200$	+ 6 dB	2:1

5.1.3 Siempre que en los contornos de 85 dB $\mu$ V/m se cumpla con una relación de protección de 0 dB se podrán instalar estaciones cuyas frecuencias estén separadas 53 o 54 canales, equivalentes a 10,6 MHz y 10,8 MHz respectivamente, que es la banda correspondiente a la frecuencia intermedia de los receptores (10,7 MHz).

5.1.4. Relación de protección entre estaciones del Servicio de Televisión que operen en canal 6 y el Servicio de Radiodifusión Sonora por modulación de Frecuencia.

Nº DE CANAL	RELACION DE PROTECCION (dB)	Nº DE CANAL	RELACION DE PROTECCION (dB)
201	- 1	208	- 33
202	- 1	209	- 36

203	- 1	210	- 36
204	-6	211	-36
205	-13	212	-36
206	-26	213	-36
207	-31	214	-36

### 5.1.5 Compatibilidad con los servicios aeronáuticos.

El criterio de compatibilidad entre las asignaciones de estaciones del servicio de radiodifusión sonora por modulación de frecuencia y las estaciones de servicio de radionavegación aeronáutica (ILS - VOR), estará basado en la última Revisión de la Recomendación UIT-R IS. 1009.

No se admitirá asignaciones en el canal N° 300 cuya intensidad de campo supere los 100 dBµV/m en el punto de coordenadas correspondientes a un aeródromo equipado con instrumental de ayuda a la aeronavegación (ILS-VOR). Dicha intensidad de campo se calculará conforme a la expresión:

$$E = 76,9 + P - 20.Log(D)$$

donde,

E: intensidad de campo resultante en el aeródromo considerado, en dBµV/m.

P: PRE de la emisora considerada, en dBW.

D: distancia entre la emisora y el punto de recepción del sistema ILS - VOR, en Km.

Dentro de un área circular cuyo radio es de 50 Km. a partir de las coordenadas correspondientes a los aeropuertos que utilicen sistemas de ayuda a la aeronavegación (ILS-VOR), no se asignaran canales, cuya combinación de frecuencias genere productos de intermodulación de 3° orden, este comprendido en ± 200 KHz. de las frecuencias operativas utilizadas por los sistemas ILS-VOR.

## SISTEMA DE TRANSMISION

### 6.1. - Especificaciones Técnicas del Sistema de Transmisión:

Se entiende por "sistema de transmisión" de un Servicio de Radiodifusión Sonora por Modulación de Frecuencia (SRSMF), al que partiendo desde los terminales de entrada del preamplificador de micrófono, está constituido por las facilidades de audio del estudio, (consola, procesadores, distribuidores etc.), líneas o enlaces de programa entre estudio y planta transmisora, facilidades de audio en planta transmisora (procesadores, distribuidores, etc.), finalmente el transmisor y el sistema radiante. El sistema así definido deberá funcionar de acuerdo con los siguientes principios y especificaciones:

6.1.1.- Tolerancia de frecuencia de la portadora principal del transmisor: ± 2 KHz

6.1.2. - El sistema será capaz de transmitir la banda de frecuencias de: 50 a 15.000 Hz. Se empleará un sistema de preénfasis de acuerdo con las

---

características de impedancia-frecuencia de un circuito serie inductor-resistor con una constante de tiempo de 75 microsegundos.

La curva normalizada de preénfasis estará definida por:

$$R(\text{dB}) = 10 \log [ 1 + (150 f).2. 10^{-5} ]$$

f es la frecuencia en KHz.

La diferencia en la respuesta del sistema respecto de dicha curva de preénfasis deberá caer dentro de los siguientes límites:

El límite superior será la misma curva, no pudiendo ser superado en todo el rango de 50 a 15.000 Hz. El límite inferior se mantendrá constante a 3 dB debajo del superior, en el rango de 100 a 7.500 Hz.

Entre 50 y 100 Hz. el límite inferior podrá caer por debajo de los 3 dB, a razón de 1 dB por octava (5 dB a 50.000 Hz.). Entre 7.500 a 15.000 Hz. el límite inferior podrá caer por debajo de los 3 dB, a razón de 2 dB por octava (5 dB a 15.000 Hz.).

6.1.3. Para los porcentajes de modulación de 25, 50 y 100% y en los rangos de frecuencias de modulación indicados, las armónicas combinadas de audiofrecuencia, medidas a la salida del sistema (monitor de modulación), no tendrán valores de distorsión superiores a los de la siguiente tabla:

<b>Frecuencias</b>	<b>Distorsión %</b>
50 a 100 Hz	3,5
100 a 7.500 Hz	2,5
7.500 a 15.000 Hz	3,0

Las mediciones se realizarán utilizando preénfasis de 75 microsegundos en el transmisor, igual de énfasis en el equipo de medición y sin compresión en los equipos compresores que formen parte de la cadena. Se medirá el contenido armónico hasta 30 KHz. Es recomendable que ninguna de las tres grandes divisiones del sistema (transmisor, sistema de transporte de programas y facilidades de audio), contribuyen en más de la mitad de los porcentajes señalados ya que algunas frecuencias de distorsión total puede ser la suma aritmética de la distorsión de las partes.

6.1.4. El nivel de ruido de modulación de frecuencia a la salida del sistema en la banda de 50 a 15.000 Hz. debe estar por lo menos a 60 dB, debajo del 100 % de modulación (desviación de +/- 75 KHz). La medición deberá hacerse utilizando una modulación de 400 Hz como referencia.

El equipo para la medición del ruido deberá incluir un des énfasis de 75 microsegundos y la característica balística del instrumento será similar a la del VU-metro normalizado.

---

6.1.5. El nivel de ruido de modulación de amplitud a la salida del sistema en la banda de 50 a 15.000 Hz deberá estar por lo menos 50 dB, debajo del nivel que represente el 100% de modulación de amplitud. La medición deberá hacerse utilizando una modulación de 400 Hz como referencia.

El equipo de medición de ruido deberá tener incluido un des énfasis de 75 microsegundos y la característica balística del instrumento será similar a la del VU-metro normalizado.

6.1.6. - Deberá incluirse en el sistema de transmisión un limitador o compresor de audio que evite la sobre modulación del transmisor.

6.1.7. -Cualquier emisión que aparezca en una frecuencia separada de la portadora principal entre 120 y 240 KHz inclusive, deberá estar atenuada por lo menos 25 dB debajo del nivel de la portadora sin modular.

6.1.8. - Cualquier emisión que aparezca en una frecuencia separada de la portadora principal a más de 240 KHz y hasta 600 inclusive, deberá estar atenuada por lo menos 35 dB debajo del nivel de la portadora sin modular.

6.1.9. - Cualquier emisión que aparezca en una frecuencia separada de la portadora principal a más de 600 KHz deberá estar atenuada por lo menos  $43 + 10 \text{ Log. P}$  (potencia en Wats) decibeles debajo del nivel de la portadora sin modular ó 60 dB si éste resulta menor.

6.2. - Uso de subportadoras múltiplex. Una estación de frecuencia modulada podrá prestar servicios subsidiarios por subportadoras siempre que se cumpla lo prescrito en los siguientes puntos.

6.2.1. - Las normas técnicas y especificaciones de este punto se aplican en todas las transmisiones por subportadoras múltiplex de FM, excepto aquellas usadas para radiodifusión estereofónica que están comprendidas en el punto

6.2.2.

6.2.1.1. - Modulación: Cualquier tipo de modulación podrá usarse para la operación de las Subportadoras del servicio subsidiario de comunicaciones.

6.2.1.2. - Subportadoras en la banda base:

a) Durante las transmisiones de programas monofónicos o durante los períodos en que no se transmiten programas de radiodifusión por el canal principal, las subportadoras múltiplex y sus bandas laterales significativas deberán estar en el rango de 20 a 99 KHz.

b) Durante la transmisión de programas estereofónicos (Ver punto 6.2.2.) las subportadoras múltiplex y sus bandas laterales significativas deberán estar dentro del rango de 53 a 99 KHz.

6.2.1.3. - Inyección de subportadora.

---

a) Durante las transmisiones de programas monofónicos o durante los períodos en que no se transmitan programas de radiodifusión en el canal principal, la modulación de la portadora principal por la suma aritmética de todas las subportadoras múltiplex no excederá el 30 % referido a 75 KHz de desviación, que define el 100% de modulación. En cualquier caso, la modulación de la portadora principal por la suma aritmética de todas las subportadoras múltiplex por encima de 75 KHz no podrá ser superior al 10 %.

b) Durante la emisión de programas estereofónicos, la modulación de la portadora principal por la suma aritmética de todas subportadoras del servicio subsidiario no excederá el 20 % referido a 75 KHz de desviación. En cualquier caso la modulación de la portadora principal por la suma aritmética de todas las subportadoras múltiplex por encima de 75 KHz no podrá ser superior al 10%.

6.2.1.4. - Durante la transmisión de subportadoras múltiplex, usadas para servicios de comunicaciones, la modulación total de la portadora principal deberá cumplir con lo previsto en esta sección, punto 6.2.4.

6.2.1.5. Los generadores de subportadora podrán ser conectados a transmisores de FM aprobados, siempre que la conexión no requiera ninguna modificación mecánica ni eléctrica en los circuitos del excitador de FM del transmisor.

6.2.1.6. Las estaciones que instalen equipos de transmisión de subportadoras múltiplex, deberán asegurar la adecuada supresión de radiaciones espurias o armónicas. Si la operación de la subportadora impide que la transmisión de la estación cumpla con las especificaciones técnicas para las estaciones de FM, o cause interferencia perjudicial a otros servicios de comunicaciones, se deberá corregir el problema inmediatamente o cesar la operación.

Luego de solucionado el problema, el titular de la estación deberá reunir toda la información que acredite las medidas correctivas tomadas, enviando copia de esta información a la SECRETARIA DE COMUNICACIONES DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION.

#### 6.2.2. Transmisión estereofónica.

La modulación de una estación estereofónica no deberá contener el rango de frecuencia de 19 KHz  $\pm$  20 Hz ya que la misma se utilizará como frecuencia piloto de un sistema de transmisión que reúne las siguientes especificaciones:

6.2.2.1. La señal moduladora del canal principal consiste en la semisuma de las señales I (izquierda) y D (derecha).

6.2.2.2. Una señal piloto de 19 KHz (+/- 2 Hz) modulará a la portadora principal entre 8 y 10%.

6.2.2.3. Una subportadora estereofónica, que será la segunda armónica de la señal piloto (38 KHz +/- 4 Hz ), deberá cruzar el eje del tiempo con pendiente

---

positiva, simultáneamente el cruce por el mismo eje de la señal piloto. No se excluye el uso de subportadoras adicionales.

6.2.2.4. La subportadora de 38 KHz se modulará en amplitud a doble banda lateral con portadora suprimida a un valor inferior al 1 % de la modulación de la portadora principal.

6.2.2.5. La subportadora estereofónica se modulará con una señal igual a la semidiferencia entre las señales izquierda y derecha:  $(I-D)/2$ .

6.2.2.6. Nivel de modulación.

a) Cuando exista señal en un solo canal de un sistema de dos canales (bifónico), la modulación de la portadora, por componentes de la señal de audio dentro de la banda base desde 50 a 15.000 Hz, no excederá el 45 %. Del mismo modo, la modulación debida al rango de 23 a 53 KHz de la banda base tampoco excederá al 45 %.

b) Cuando exista señal en un solo canal de audio de un sistema de transmisión estereofónico que tenga más de una subportadora principal, por las componentes de audiofrecuencia dentro del rango de la banda base desde 23 a 99 KHz, no excederá el 53% y la modulación total no excederá el 90 %.

6.2.3. Las estaciones que no transmitan estereofonía con el método del punto

6.2.2. deberán limitar la desviación de la portadora principal a  $\pm 125$  Hz para cualquier señal modulante que ocupe la banda de 19 KHz  $\pm 20$  Hz.

6.2.4. Todas las estaciones, independientemente del sistema de transmisión estereofónico empleado, no excederán el 100% de modulación en los picos de concurrencia frecuente referidos a la desviación normalizada de 75 KHz.

6.3. Servicio Subsidiario:

Las estaciones de Frecuencia Modulada, podrán utilizar el Servicio Subsidiario por subportadora múltiplex cumpliendo lo solicitado en 6.2. y los puntos siguientes:

6.3.1. No se considera Servicio Subsidiario aquella información destinada a realizar la calidad del programa principal o relacionado exclusivamente con la operación de la propia estación.

6.3.2. Las estaciones de Frecuencia Modulada que utilicen este servicio deberán, previamente, estar autorizadas para operar en esta modalidad. Cuando el Servicio Subsidiario no sea prestado directamente por el licenciataria de la estación, sigue siendo responsabilidad de éste que dicho servicio se ajuste a las disposiciones técnicas correspondientes.

6.3.3. El Servicio subsidiario es de naturaleza secundaria y se encuentra asociado a la licencia de la estación. En ningún caso la facultad para la

---

prestación de tal servicio puede ser retenida o transferida en forma independiente a la autorización de la estación.

## **SISTEMA DE ANTENAS**

La información necesaria referida al sistema radiante, será la siguiente:

### 7.1 Sistemas radiantes omnidireccionales.

7.1.1. Descripción del sistema, especificaciones eléctricas y mecánicas, diagrama general de montaje indicando elementos radiantes, longitud total del sistema, divisor de potencia y transformador de impedancia si los hubiera.

7.1.2. Diagrama de irradiación en los planos horizontal y vertical, indicando, si fuera el caso, los diagramas de las componentes horizontal y vertical.

7.1.3. Si el diagrama de irradiación se mide, será descrito el método empleado incluyendo el equipamiento utilizado, con los datos resultantes de la medición debidamente tabulados.

### 7.2 Sistemas radiantes directivos.

Para los casos de utilización de un sistema de antena directivo, diseñado con el propósito de obtener un diagrama de irradiación no circular en el plano horizontal, será necesaria la siguiente información:

7.2.1. Descripción del sistema, especificaciones eléctricas y mecánicas, diagrama general de montaje indicando elementos radiantes, separación entre los mismos, longitud total del sistema, divisor de potencia y transformador de impedancia si los hubiera. La descripción del sistema deberá incluir la forma en que se obtiene la directividad que se propone.

7.2.2. Diagrama de irradiación en los planos horizontal y vertical, indicando el método de determinación del diagrama y si fuera el caso, los diagramas de las componentes horizontal y vertical.

7.2.3 El sistema constructivo de antena deberá asegurar el mantenimiento permanente de las tolerancias adecuadas durante la operación.

7.2.4. Si la directividad del sistema es medida, será descrito el método empleado incluyendo el equipamiento utilizado, con los datos resultantes de la medición debidamente tabulados.