



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACIÓN
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS DIGITALES Y TELECOMUNICACIONES

**Monografía para optar al Título de
Ingeniero en Telecomunicaciones**

**Diseño de estaciones repetidoras para el Sistema Móvil Aeronáutico (R) VHF
en bajas altitudes para la Ruta Aeronáutica de Managua a Puerto Cabezas**

Autores: Br. Luz Marlee López Dávila Carnet: 2011-39738

Br. Elías Emmanuel Herrera Castillo Carnet: 2011-40019

Tutor: Msc. Ing. Cedrick Dalla-Torre Parrales

Managua, Nicaragua

AGRADECIMIENTOS

DEDICATORIA:

Agradezco primeramente a Dios por permitirme concluir una etapa más de estudios, a mis tíos, Jorge Dávila y Moisés Dávila por su constante apoyo, y Agradezco infinitamente a mis padres por todo el apoyo moral brindado a lo largo de los años, también le agradezco al Ing. Mario Altamirano Director de Aeronavegación del INAC, al Personal del Dpto. del CNS y al Ing. Alverson Downs por brindarnos su apoyo para la elaboración de este documento.

Br. Luz Marlee López Dávila

Dedico este trabajo a mi familia, y agradezco la orientación de los maestros a lo largo de mi vida educativa, a mi compañera y a mi Tutor por todo el apoyo brindado para que pudiéramos finalizar con éxito este proyecto.

Br. Elías Emmanuel Herrera Castillo

RESUMEN

El Servicio Móvil Aeronáutico (SMA) que está reservado para las comunicaciones relativas a la seguridad y regularidad de los vuelos, principalmente en las rutas Nacionales presenta ciertas fallas de comunicación en vuelos a bajas altitudes (1,000 – 18,000ft), estas fallas se presentan más que todo en la zona Norte del país, el proyecto estará enfocado en la Ruta Aeronáutica que va desde Managua hacia Puerto Cabezas.

Esta problemática es basada en el Documento de Publicación de Información Aeronáutica (AIP), que se puede obtener de la Página Web del Instituto Nacional de Aeronáutica Civil (INAC) donde se muestran los radios de cobertura tanto del Transmisor de Managua como el Transmisor de Puerto Cabezas.

Tomando como referencia la capacidad de transmisión de los Transmisores para comunicación Tierra/Aire publicadas por el INAC, se realizó la simulación del Radio Enlace utilizando el programa de Radio Mobile entre los puntos KAVLO y TANKI de la Ruta Aeronáutica de Managua hacia Puerto Cabezas.

La entidad encargada de administrar las comunicaciones en Nicaragua es la Corporación Centroamericana de Navegación Aérea (COCESNA), bajo la supervisión del INAC, que es la Responsable de vigilar que todos los servicios en el Ámbito Aeronáutico se presten de acuerdo a lo establecido en las normativas y Regulaciones de la Organización Internacional de Aviación Civil (OACI).

De igual manera se presenta en este documento las Recomendaciones, parámetros y especificaciones del SMA, así como de los equipos, que están estipuladas por el Reglamento de Radiocomunicaciones, la Unión Internacional de Telecomunicaciones, las Normativas de la OACI y de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ETSI).

TABLA DE CONTENIDO

ABREVIATURAS.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS	2
OBJETIVO GENERAL:.....	2
OBJETIVOS ESPECIFICOS:	2
JUSTIFICACIÓN.....	3
ANTECEDENTES	4
Capítulo I.....	5
1. Sistema Móvil Aeronáutico.....	5
1.1 Radio Enlaces	11
1.1.1 Ondas Electromagnéticas	11
1.1.2 Propagaciones ópticas de las ondas.....	12
1.1.2.1 Reflexión	12
1.1.2.2 Refracción.....	14
1.1.2.3 Difracción y Principio de Huygens	14
1.1.2.4 Absorción	14
1.1.3 Modos de propagación	15
1.1.3.1 Propagación de Ondas Terrestres.....	15
1.1.3.2 Características de frecuencia de las ondas terrestres.	16
1.1.4 Capas de la Atmósfera	17
1.1.5 Circuito de Radiocomunicación [Ref. Manual CIATA,].....	17
1.1.5.1 Repetidores	19
1.1.5.2 Repetidores Activos	19
1.1.5.3 Repetidores Pasivos.....	20
1.1.5.4 Diferencias Repetidores Pasivos y Activos.	21
1.1.6 Desvanecimiento de la señal en Banda VHF.....	21
1.1.6.1 Atenuación en frecuencias VHF.....	22
1.1.6.2 Atenuación por vegetación.....	22
1.1.6.3 Atenuación por lluvia.....	22

Sistema Móvil Aeronáutico

Capítulo II.....	23
2. Condiciones Generales, Parámetros y Recomendaciones Técnicas del Radio Enlace que será utilizado para el Servicio Móvil Aeronáutico.....	23
2.1 Servicio Móvil Aeronáutico.....	23
2.1.1 Definición [RR, Art.1 P-1.33] [OACI ANEXO 10].....	23
2.2 Clase de emisión en el servicio móvil aeronáutico y características de la modulación.....	23
2.3 Parámetros técnicos del Servicio Móvil Aeronáutico.....	24
2.3.1 Asignación de frecuencias.....	24
Condiciones Generales de Medición del transmisor y receptor.....	26
2.4 Condiciones Generales de los equipos.....	26
2.4.1 Determinación y medición de la potencia de modulación de amplitud de los transmisores radioeléctricos.....	26
2.4.1.1 Nivel de intermodulación admisible.....	28
2.4.1.2 Método de medida de la potencia en la cresta de la envolvente.....	28
2.4.2 Transmisores de modulación de amplitud de banda lateral única o de bandas laterales independientes con portadora reducida o suprimida y portadora completa.....	28
2.4.2.1 Nivel de la portadora.....	29
2.4.3 TRANSMISOR.....	29
2.4.3.1 Protección del transmisor.....	30
2.4.3.1.1 Definición.....	30
2.4.4 Error de frecuencia.....	30
2.4.4.1 Método de Medición.....	30
2.4.4.2 Limite.....	30
2.4.5 Disposición de la señal de prueba del transmisor.....	31
2.4.5.1 Terminación coaxial.....	31
2.4.5.2 Fuentes de señal.....	31
2.4.5.3 Señal de prueba normal.....	31
2.4.6 Respuesta de frecuencia de audio.....	31
2.4.6.1 Definición.....	31
2.4.6.2 Método de medición.....	31
2.4.7 Pruebas de Canal.....	32

Sistema Móvil Aeronáutico

2.4.8	Receptor.....	32
2.4.8.1	Límites de sensibilidad	32
2.4.9	Disposición de señal de prueba del receptor	32
2.4.9.1	Fuentes de señal de prueba	32
2.4.9.2	Frecuencia Nominal	32
2.4.9.3	Señal de prueba normal	33
2.4.9.4	Silenciador	33
2.4.9.5	Potencia de salida de audio normal.....	33
2.4.10	Poder del portador.....	33
2.4.10.1	Definiciones	33
2.4.11	Características de la modulación en amplitud	33
2.4.11.1	Intensidad de Modulación (voz)	33
2.4.11.1.1	Definición	33
2.4.12	Potencia del canal adyacente.....	34
2.4.12.1	Definición	34
2.4.12.2	Medición.....	34
2.4.12.3	Limites	35
2.4.13	Medición de Ruido de banda ancha	35
2.4.13.1	Definición	35
2.4.13.2	Limite	37
2.4.14	Emisiones no esenciales conducidas.....	38
2.4.14.1	Definición	38
2.4.14.2	Método de medición.....	38
2.4.14.3	Límites	38
2.4.15	Procedimientos y consideraciones básicas sobre las mediciones de sensibilidad de los equipos. [UIT-R SM.1840].....	39
2.4.15.1	Consideraciones generales de los procedimientos.....	39
2.4.15.2	Consideraciones básicas sobre las mediciones de sensibilidad	40
2.4.15.3	Modulación de amplitud para la banda en ondas métricas.....	41
2.4.15.4	Definición de un procedimiento de prueba para medir la sensibilidad de los receptores de comprobación técnica radioeléctrica que utilizan señales con modulación analógica.....	41

Sistema Móvil Aeronáutico

2.4.15.5	Procedimiento de medición.....	41
2.4.15.6	Conversión de Unidades	42
Capítulo III	42
Generalidades y Recomendaciones que siguen las entidades nacionales sobre el Servicio Móvil Aeronáutico.....		42
3.	Servicios de Información Aeronáutica.....	42
3.1	Servicio Responsable	42
3.2	Área de Responsabilidad	42
3.3	Servicios de tránsito aéreo.....	43
3.3.1	Servicio Responsable	43
3.4	Tipos de servicio.....	43
3.5	Servicios de Telecomunicaciones.....	43
3.5.1	Comunicaciones Orales (Servicio Móvil Aeronáutico).....	43
3.5.2	Transferencia de comunicaciones VHF	44
3.5.3	Las comunicaciones aeronáuticas pueden ser clasificadas en diferentes criterios.....	44
3.5.4	Falla de comunicaciones Orales	47
3.5.4.1	Aire Tierra	47
3.5.4.2	Falla del receptor	48
3.5.4.3	Tierra – Aire.....	48
Capítulo IV	49
Fundamentos Teóricos y Diseño del Radio Enlace.....		49
4.1	Fundamentos Teóricos	49
4.2	Diseño del Enlace.....	60
4.2.1	Simulación (Programa “Radio Mobile”).....	60
4.2.2	Instalación de Radio Móvil	61
4.2.3	Configuración de las Estaciones en Radio Mobile.....	61
4.2.4	Vista Panorámica de las 3 Antenas.....	64
4.2.5	Descripción y Ubicación de los pueblos cercanos donde se instalaran las antenas.	65
4.2.6	Imágenes del Enlace de simulación Base-Rep.KavloTilik	68
4.2.7	Imágenes de la Rep.KavloTilik-Tilik.Tanki.....	69

Sistema Móvil Aeronáutico

4.2.8 Imágenes de Cobertura de las Estaciones.....	69
4.3 Cálculos del Radio Enlace.....	71
4.4 EQUIPOS	79
4.5 Presupuesto estándar para la instalación del Radio Enlace.....	85
Conclusiones.....	88
Bibliografía.....	89
Anexos	91
Equipos Extras.....	92

ABREVIATURAS

SITA: Servicio Internacional de telecomunicaciones Aeronáuticas
SMA: Servicio Móvil Aeronáutico
MEA: Altitud Mínima En Ruta
Comms T/A: comunicaciones Tierra/Aire
ATC: Control de Tránsito aéreo
ACC/U: Control de ruta en los espacios aéreo superior
ACC/L: Control de ruta en los espacios aéreo Inferior
TMA: Control de Área Terminales
VHF: Very High Frequency
UHF: Ultra High Frequency
TWR: Servicio de Control de Aeródromo
APP: Servicio de Control de Aproximación
ATZ: Air Traffic Zone / Zona de Tráfico Aéreo
AIP: Publicación de información aeronáutica
CTR: Zona de Control
CTA: Área de Control
AWY: Aerovía
FIR: Flight Information Region / Región de información de vuelo
VFR: Visual Flight Rules/Reglas de vuelo visual
OACI: Organización de Aviación Civil Internacional
INETER: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales
AIM: Manual de información aeronáutica
RVR: Alcance Visual en la pista
INAC: Instituto Nicaragüense de Aeronáutica Civil
RR: Reglamento de Radiocomunicaciones
COCESNA: Corporación Centroamericana de Servicios de Navegación Aérea
TELCOR: Instituto Nicaragüense de Telecomunicaciones y Correo
CIATA: Centro de Instrucción de Aeronavegantes y Técnicos Aeronáuticos
ETSI: Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones
SARPS: Standards and Recommended Practices

INTRODUCCIÓN

La comunicación Aérea de Nicaragua se brinda mediante tres antenas principales ubicadas en Managua, Bluefields y Puerto cabezas; existen puntos de transferencias en las rutas aeronáuticas donde el Piloto hace un cambio de comunicación de una Torre de Control hacia otra, para la regulación y vigilancia del Tránsito Aéreo.

Una de las problemáticas en la comunicación Tierra/Aire que las Aeronaves presentan, es en los vuelos a Bajas Altitudes, están presentes factores como el cambio de comunicación que la Aeronave realiza en su ruta aeronáutica de una Torre de Control de Tránsito Aéreo (ATC) hacía otra, esto debido a que los transmisores principales que podría ser el de Managua, Bluefields o Puerto Cabezas, según la ruta aeronáutica que haya tomado la aeronave, es porque dichos transmisores están en la capacidad máxima de millas que pueden transmitir, un ejemplo de ello es el punto de transferencia TILIK ubicado en la ruta aeronáutica de Managua a Puerto Cabezas.

En Nicaragua el Tráfico Aéreo se podría considerar pequeño comparado con otros países. Las aeronaves que realizan vuelos a bajas alturas, en el algún punto de la Ruta aeronáutica, presentan pérdida de señal o la comunicación entre la Torre de Control de Tránsito Aéreo y el Piloto es ininteligible.

Con este proyecto deseamos dar a conocer algunas de las problemáticas presentes en la Comunicación Aérea, y brindar un enfoque de mejora en la comunicación para la Seguridad de los Vuelos en La República de Nicaragua.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Realizar un Diseño de estaciones repetidoras en la zona del Punto de Transferencia TILIK ubicado entre los puntos KAVLO y TANKI en la ruta aeronáutica de Managua a Puerto Cabezas, con el objetivo de mejorar la calidad de comunicación Tierra/Aire en Rutas Inferiores (Low Altitude 1,000 – 18,000 Ft) del Sistema Móvil Aeronáutico de la República de Nicaragua.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- ✚ Determinar los parámetros y los equipos técnicos involucrados en el diseño de estaciones repetidoras para comunicación aeronáutica Tierra/Aire.
- ✚ Realizar un presupuesto de los equipos que se requieren en el diseño de las estaciones repetidoras
- ✚ Analizar la teoría del Sistema Móvil aeronáutico, sus bandas de frecuencias, su funcionalidad y su importancia en la aeronáutica.
- ✚ Abarcar las regulaciones y normativas por las que debe regirse la comunicación aérea, establecidas por las entidades gubernamentales, que son el Instituto Nicaragüense de Aeronáutica Civil (INAC), y el Instituto Nicaragüense de Telecomunicaciones y correo (TELCOR), que regulan la Aeronavegación nacional y la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), que brindan las normativas internacionalmente con la que todos los países deben regirse en el ámbito aeronáutico.

JUSTIFICACIÓN

En Nicaragua el avance en desarrollo, construcción y adquisición de nueva tecnología en el ámbito aeronáutico ha sido un poco lento en comparación a los otros países de Centro América.

Si bien la comunicación actual que se da entre el Piloto y la Torre de Control no es altamente mala, es conocido que en zonas de las rutas aeronáuticas más que todo al norte del país, dicha comunicación es ininteligible y presenta pérdidas de señal de comunicación cuando la aeronave viaja en bajas altitudes.

A pesar de la vasta experiencia, entrenamiento y capacitación con las que cuenta el piloto, con esto proyecto deseamos que se puedan realizar mejoras que brinden una mejor calidad de comunicación de la aeronave con el ATC cuando está realice vuelos en bajas altitudes en todo el trayecto de la ruta aeronáutica.

El propósito de la investigación es adquirir conocimientos tales como: las normativas involucradas en el diseño de radioenlace, según el manual que brinda el Centro de Instrucción de Aeronavegantes y Técnicos Aeronáuticos (CIATA), regulado por el Instituto Nacional De Aviación Civil (INAC), así como las Normativas de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), y del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR).

La importancia de este proyecto es aportar un enfoque de mejora en las comunicaciones de los vuelos nacionales, ya que debido a los repentinos cambios climáticos, y las fallas que pueda presentar una aeronave por factores externos de la naturaleza, el mejorar la calidad de comunicación Tierra/Aire disminuye las posibilidades de un accidente de tráfico aéreo.

ANTECEDENTES

La información que se aborda en este proyecto monográfico, en base al Diseño y Estudio de estaciones repetidoras ha sido tema de investigación anteriormente, en el ámbito general de Radio Enlaces Titulado “Diseño de radioenlace multipunto para proporcionar internet a 5 escuelas del municipio Wiwilí-Nueva Segovia” (1), tesis elaborada por estudiantes de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Para estudios de Radioenlaces, o implementación de proyectos en el ámbito aeronáutico en Nicaragua, deberá estar apegado a las normas y recomendaciones de la Organización Nacional de Aeronáutica Civil (OACI), estipulado en la Ley General de Aeronáutica Civil No. 595 (2), así también está estipulado que toda Enmienda, Cartas de navegación aeronáuticas nacionales, Regulaciones Técnicas, serán publicadas por el Instituto Nicaragüense de Aeronáutica Civil (INAC).

Las regulaciones técnicas que se implementan en los sistemas de comunicación aéreos, son publicadas por el INAC y son las normas por las que debe regirse cada sistema (3) así como la asignación de frecuencias que brinda el Instituto de Telecomunicaciones y correos (TELCOR) (4), según las normativas de la Organización Aeronáutica Civil Internacional (OACI) (5) .

En la actualidad, las comunicaciones de Tierra/Aire en Nicaragua cuentan con tres transmisores principales ubicados en Managua, Bluefields y Puerto Cabezas, la problemática que cada transmisor tiene un límite de millas que puede abarcar, así como también influye la altitud a la que viaja la aeronave, hay zonas en el país o puntos de las rutas aeronáuticas en las que el avión presenta problemas de comunicación o esta es ininteligible, una de estas zonas se encuentra en el punto de transferencia TILIK ubicado entre los puntos KAVLO y TANKI en la Ruta Aeronáutica de Managua a Puerto Cabezas.

Capítulo I

1. Sistema Móvil Aeronáutico

Un sistema de navegación Aérea tiene la función de proporcionar un servicio de navegación seguro a las aeronaves, tanto en vuelo en ruta, como el aterrizaje y despegue en los aeropuertos.

Los Vuelos Realizados hacía, desde o sobre el territorio aéreo de la República de Nicaragua deben ser realizados de acuerdo a la autoridad Responsable sobre los servicios de Tránsito Aéreo que es el INAC a través del Dpto. de Tránsito Aéreo de la empresa Administradora de Aeropuertos Internacionales (EAAI).

En la República de Nicaragua el INAC es el encargado de realizar las vigilancias y chequeos de equipos y de las comunicaciones de Aeronavegación, TELCOR se encarga de todas las asignaciones de frecuencias, COCESNA es el que cuenta con todo el equipo y es el que brinda todas las comunicaciones del Sistema Móvil Aeronáutico en VHF. [Ref. Ing. Mario Altamirano, Director de Aeronavegación INAC, Dpto. CNS INAC]

El servicio Móvil Aeronáutico (SMA) es la parte esencial del servicio de comunicaciones T/A.

Proporciona los medios técnicos para garantizar las comunicaciones de los servicios de control de Tránsito Aéreo con las aeronaves que operan dentro del Espacio Aéreo (comunicaciones ATC).

Comunicación entre piloto y controlador relativas a:

- ✚ Informes de paso sobre puntos específicos
- ✚ Cambios de altitud
- ✚ Velocidad

Sistema Móvil Aeronáutico

El departamento del CNS (Comunicación-Navegación-Salvamento) ubicado en el INAC, también es el encargado de monitorear dichas comunicaciones y que estas funcionen correctamente.

El término CNS/ATM se utiliza para referirnos a los sistemas de comunicaciones aeronáuticas, navegación aérea y vigilancia y gestión del espacio aéreo.

La transferencia de comunicaciones VHF en el que estará enfocado el proyecto será en Rutas Inferiores (LOW ALTITUDE) como se muestra en la **Figura 1**.

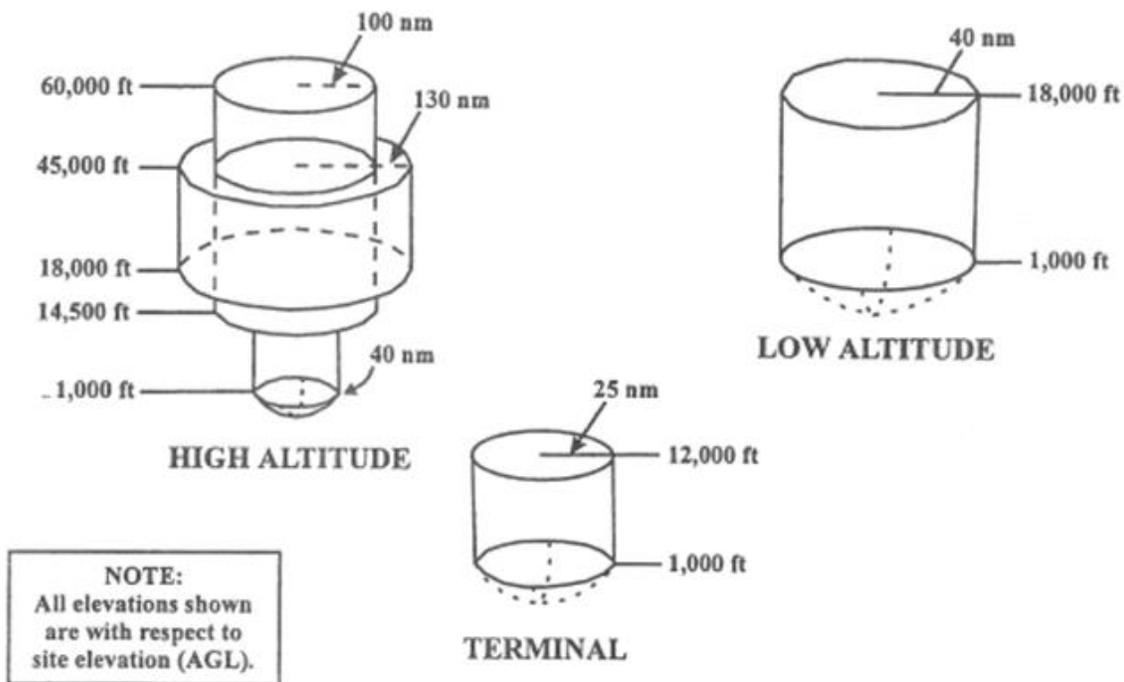


Figura 1. Clasificación de Altitudes de Vuelo

Fuente. AIP. INAC (6)

En la **Figura 2** se muestra el radio de cobertura de 60 NM del transmisor de Managua, cobertura que es utilizada para Comunicación APP, TWR, RDO y ATC en SMA.

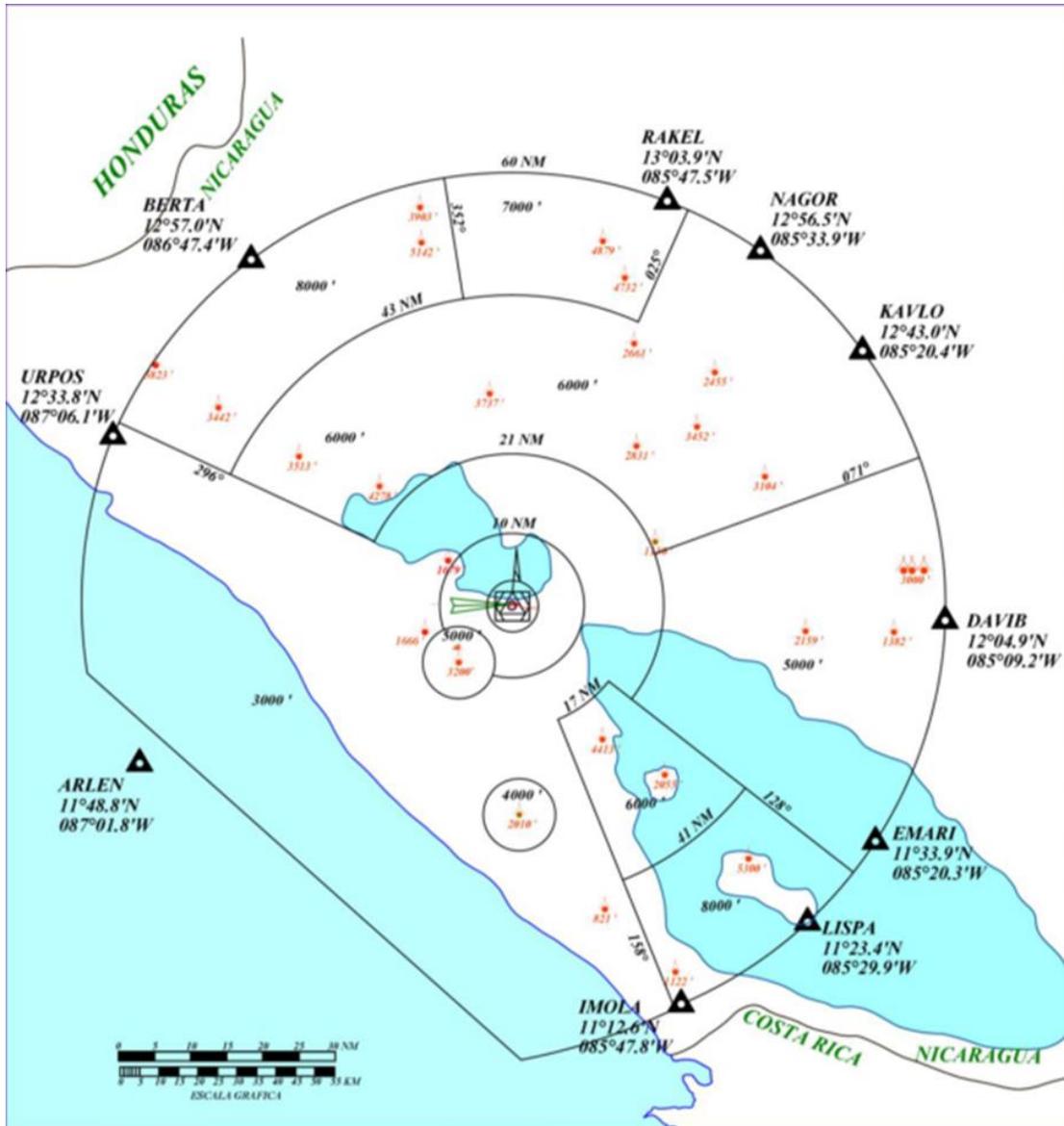


Figura 2. Radio de Cobertura Managua (60NM)

Fuente, Publicación de Información Aeronáutica Parte II (ENR) (7)

Nota.- Nicaragua no cuenta con centros remotos de comunicación para ATS, su comunicación es de manera directa desde el Aeropuerto Internacional A.C.SANDINO hasta la aeronave, por lo tanto dichas comunicaciones se pierden en los bordes del alcance máximo que el equipo puede brindar en Rutas inferiores (Low Altitude).

Sistema Móvil Aeronáutico

El enfoque del proyecto monográfico será en las comunicaciones Tierra/Aire a bajas altitudes del punto KAVLO a TANKI, como se muestra en la **Figura 3**. En la navegación aérea nacional, cuando la aeronave viaja en esta ruta y llega al punto TILIK, que es el punto de transferencia de la comunicación de ATC de Managua hacia la torre de Puerto Cabezas, dicha comunicación presenta pérdidas de señal o es ininteligible debido a que en este punto, tanto el transmisor de Managua como el de Puerto Cabezas están al máximo de millas que sus transmisores pueden abarcar.

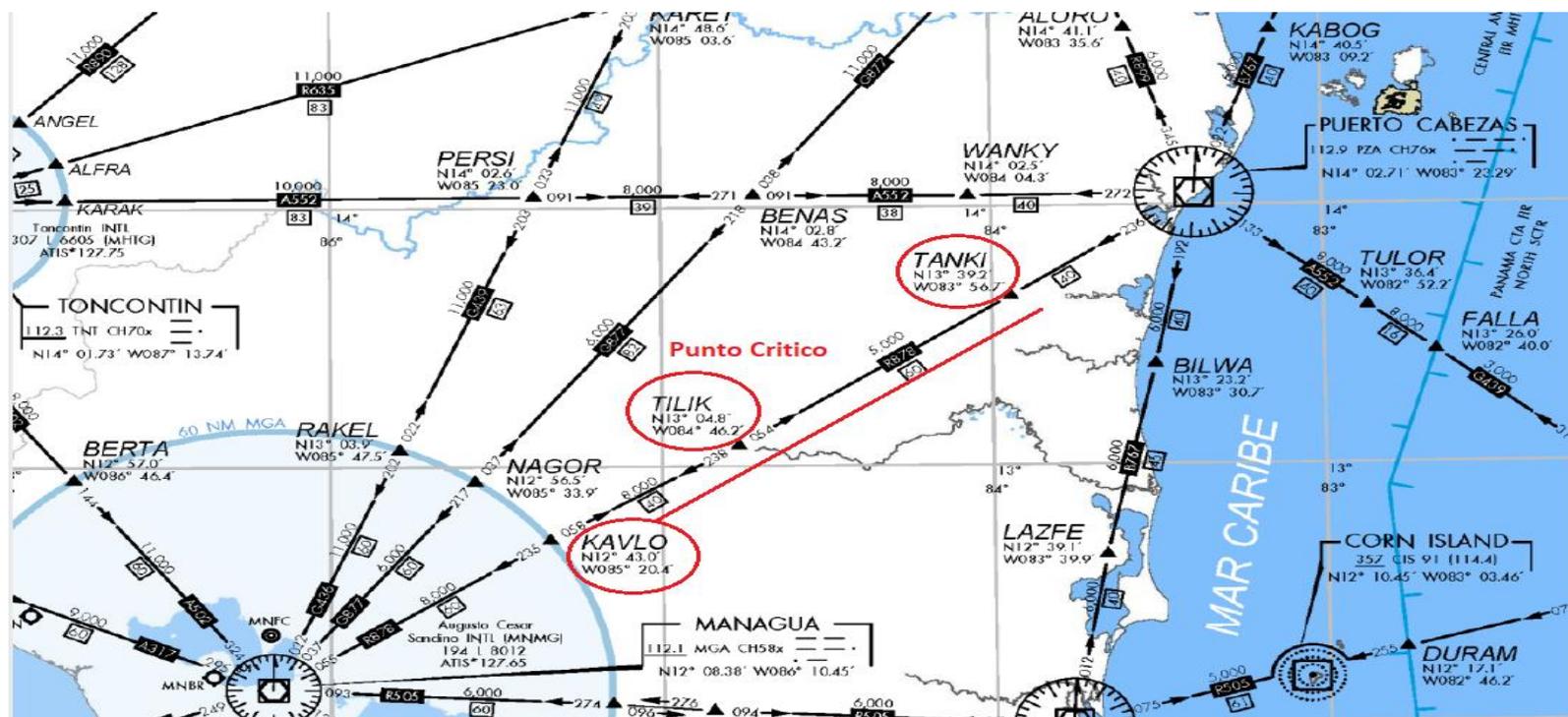


Figura 3. Rutas Inferiores Aeronáuticas

Fuente, Publicación de Información Aeronáutica de Nicaragua Parte II (ENR) (7)

A como se muestra en la **Figura 3**, la simulación del Radio Enlace de este proyecto se realizará entre los puntos KAVLO y TANKI, la estación BaseKavlo estará ubicada cerca de las coordenadas de KAVLO, y será configurada de tal manera que tenga comunicación con el transmisor de Managua, es decir, que todas las estaciones del Radio Enlace serán configuradas como Esclavo del Master que en este caso, sería el Transmisor de Managua, de esta manera es que la transferencia de comunicación del piloto, llega hasta la Torre de control, y la información es recibida por el agente de Tránsito Aéreo.

Tipos de Sistemas para comunicación Remota (Acrónimos utilizados en países Internacionales)

Los puntos de comunicación remotos (RCO) son transmisores de radio de banda de aviación remotos, establecidos para ampliar las capacidades de comunicación de los Centros de información de vuelo (FIC) y las Estaciones de servicio de vuelo (FSS).

Los RCO a veces se confunden con RTR o transmisores / receptores remotos. De hecho, la diferencia entre los dos es sutil. Mientras que los RCO sirven a las estaciones de servicio de vuelo, los RTR sirven a las instalaciones de control de tráfico aéreo de la terminal.

Los RCO y RTR pueden ser UHF o VHF y se dividen en una variedad de clases determinadas por el número de transmisores o receptores. Las clases de la A a la G se utilizan principalmente para comunicaciones de aire / tierra. Las instalaciones de Clase O se crearon específicamente para proporcionar comunicación tierra a tierra entre los controladores de tránsito aéreo.

También hay una variante especial de RCO, que en Canadá se denomina salida de comunicaciones remotas de acceso telefónico (DRCO) y en los Estados Unidos se denomina salida de comunicación a tierra (GCO). Los DRCO y los GCO se conectan a un FIC o FSS a través de una línea telefónica, y los pilotos inician la conexión ingresando sus micrófonos en un patrón prescrito.

En los países internacionales la clasificación de las comunicaciones remotas se da de la siguiente manera:

- GCO = Salida de comunicaciones a tierra, va a ATC o FSS, solo para uso en tierra.
- RCO = Salida de Comunicaciones Remotas, va a FSS, uso aéreo o terrestre
- RCAG = Comunicaciones Remotas de Aire / Tierra, va a Centro.
- RTR = Transmisor / Receptor Remoto, va a TRACON. (Centro de Control Terminal o Control de Aproximación por radar terminal)

La comunicación a una aeronave desde la torre de control suele ser una comunicación VHF / HF. Se basa en la Línea de Visión (LOS). La aeronave tiene un receptor VHF que puede recibir instrucciones VHF transmitidas.

Densidad del Tráfico Aéreo de Nicaragua

La densidad del Tráfico Aéreo en Nicaragua no es de tan altas proporciones comparado con otros países de Centroamérica, por ejemplo la Empresa la Costeña solamente realiza dos vuelos al día hacia la Costa Atlántica, que es la Zona donde se presentan ciertos fallos de comunicaciones, también hemos de incluir los vuelos comerciales y privados.

Una manera de llevar un registro de la densidad de tráfico aéreo, es a través de la página web flightradar24.com, que nos presenta los vuelos en tiempo reales, y la programación de los vuelos, dependiendo del aeropuerto que elijamos, también podremos observar la programación de salida y llegada de cada vuelo, así como también podemos observar el paso de vuelos internacionales sobre el territorio nacional.

Una muestra de ellos lo observamos en la **Figura 4**.



Figura 4. Tráfico Aéreo en tiempo real en Nicaragua

Fuente: <https://www.flightradar24.com/airport/mga/arrivals> (8)

1.1 Radio Enlaces

Los Enlaces por medio de Radiofrecuencia se pueden efectuar en muchas de las bandas disponibles en el espectro de frecuencias; sin embargo la forma de propagación de las ondas electromagnéticas depende básicamente de la longitud de onda de la frecuencia empleada, y la distancia a la cual puede ser recibida una señal de radio depende de la topografía del terreno.

1.1.1 Ondas Electromagnéticas

Cada cambio del campo eléctrico engendra en su proximidad un campo magnético, y recíprocamente cada variación del campo magnético origina uno eléctrico. Los dos campos, eléctrico y magnético, periódicamente variables, están constantemente perpendiculares entre sí y a la dirección común de su propagación.

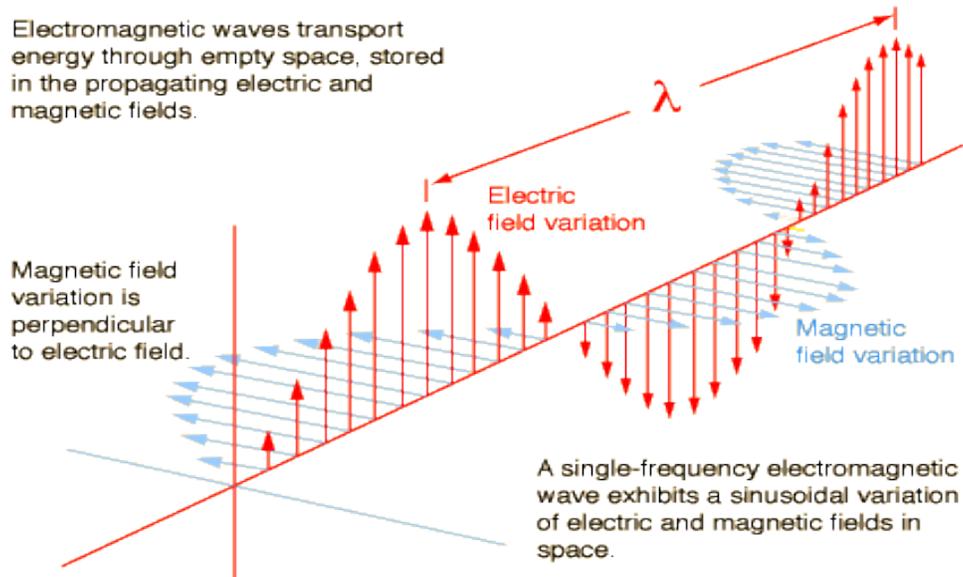


Figura 5. Gráfica del Campo eléctrico y magnético

Fuente: <http://hydrogen.physik.uni-wuppertal.de/hyperphysics/hyperphysics/hbase/emwav.html> (9)

1.1.2 Propagaciones ópticas de las ondas

1.1.2.1 Reflexión

Es el cambio de dirección de un rayo o una onda que ocurre en la superficie de separación entre dos medios, de tal forma que regresa al medio inicial.

En una reflexión total o reflexión especular el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.

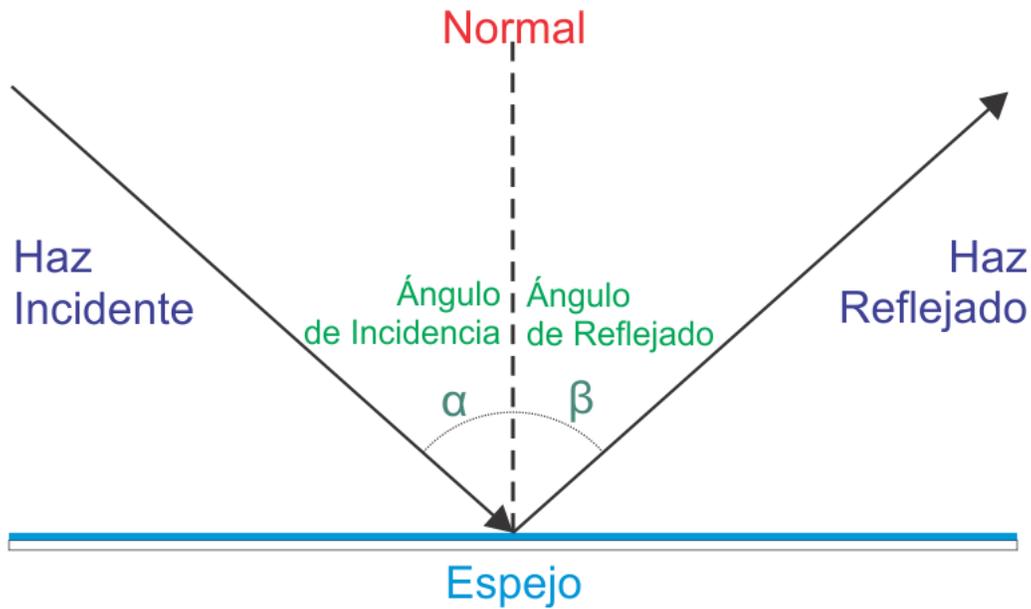


Figura 6. Propagación por Reflexión

Fuente: fisicaparaelaula.blogspot.com (10)

Las ondas de radio de igual forma que las ondas de luz visible son reflejadas al momento que entran en contacto con materiales que produzcan dicha reflexión, como son las superficies metálicas y de agua; la onda viaja y al chocar con una superficie se produce dicha reflexión dependiendo del ángulo con el cual la onda incide en la superficie se tendrá el ángulo con el cual la onda es desviada.

Una de sus desventajas es cuando la reflexión no está limitada a una sola superficie, a este fenómeno se le denomina efecto multitrayectoria (multipath), es decir, si la onda emitida por el transmisor se refleja sobre diferentes superficies, el receptor recibe señales a través de diferentes trayectorias y en tiempos distintos, como aplicación práctica se puede utilizar la reflexión como una ventaja en la construcción de antenas, colocando grandes parábolas detrás del transmisor o receptor para recoger las ondas de radio y concentrarlas en un punto.

1.1.2.2 Refracción

Cuando la luz pasa de un medio transparente a otro de diferente densidad se produce un cambio en su dirección debido a la distinta velocidad de propagación que tiene la luz en los diferentes medios materiales.

La velocidad a la cual una onda electromagnética viaja es inversamente proporcional a la densidad del medio en cual se propaga, por tanto si una onda se encuentra viajando y pasa de un medio a otro menos denso la velocidad de la misma aumenta y viceversa, una onda viajando de un medio con cierta densidad que pasa a otro con una densidad mayor tendrá una disminución en su velocidad de propagación.

1.1.2.3 Difracción y Principio de Huygens

El fenómeno de difracción consiste en la característica de las ondas que al incidir sobre la superficie de un objeto pareciera que la onda se doblara. El principio de Huygens nos ayuda a comprender este particular comportamiento de las ondas; supongamos que en un instante determinado, cada punto del frente de onda se considera como el punto de inicio de otra onda esférica, si la onda incide sobre una superficie y la atraviesa por alguna imperfección de la misma, es pues por medio de la difracción que las ondas se doblarán en sus esquinas y atravesarán la barrera, este efecto no es visible para el ojo humano.

1.1.2.4 Absorción

La atmósfera tiene varias capas y en las más bajas se produce el fenómeno conocido como absorción, el cual produce pérdidas en la energía de la onda que se encuentra propagándose, aunque las pérdidas producidas por este fenómeno son pequeñas y por lo tanto suelen ignorarse, a menos que el enlace funcione a frecuencias mayores a 10 GHz, se tomarán varios factores en cuenta.

1.1.3 Modos de propagación

1.1.3.1 Propagación de Ondas Terrestres

Hay dos principales formas de viaje de ondas de radio desde el transmisor al receptor, una de ellas es por onda terrestre, la otra es por la onda espacial.

La propagación de la onda por la tierra se ve afectada por las características eléctricas de la tierra y por las condiciones meteorológicas. La intensidad de la onda en el receptor depende de la energía de salida del transmisor, la frecuencia, forma de la tierra y la conductividad a lo largo de la vía de transmisión, y las condiciones climáticas locales.

La onda terrestre incluye tres componentes:

- ✚ La onda Directa
- ✚ La onda reflejada
- ✚ La onda de superficie

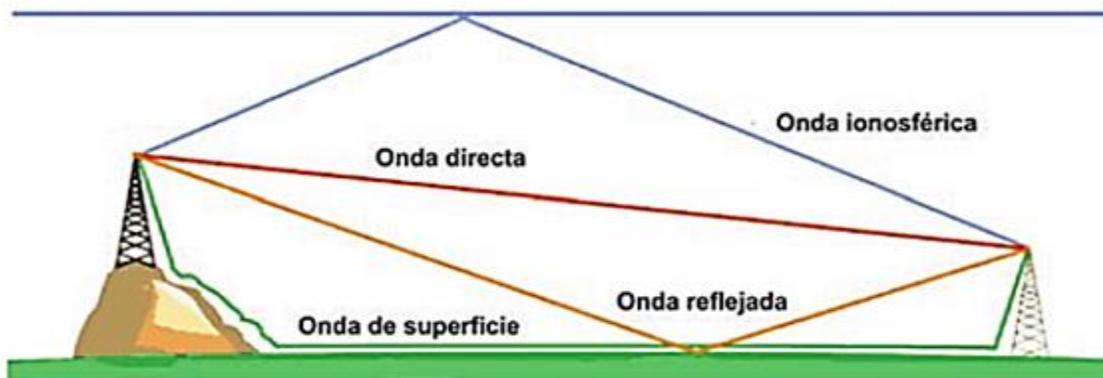


Figura 7. Propagación de Ondas Electromagnéticas

Fuente: Doc. Radio Enlaces, obtenido de http://www.redtauros.com/Clases/Medios_Transmision/04_Radioenlaces_Terrestres_Microondas_.pdf (11)

Onda Directa

La onda directa viaja directamente de la antena transmisora a la antena receptora. La onda directa se limita a la línea de visión directa (LOS) entre la antena transmisora y la receptora, más la corta distancia añadida por la refracción atmosférica y difracción de la onda en torno a la curvatura de la tierra. Esta distancia se puede ampliar mediante el aumento de la altura de la antena del emisor al receptor, o ambas cosas.

Onda de tierra reflejada

La onda de tierra alcanza la antena receptora después de ser reflejada por la superficie de la tierra.

La cancelación de la señal de radio se produce cuando la componente reflejada y la onda directa llegan a la antena de recepción al mismo tiempo y están 180° fuera de fase entre sí.

Onda de superficie

La onda de superficie sigue la superficie de la tierra y se ve afectado por la conductividad de la tierra y su constante dieléctrica.

1.1.3.2 Características de frecuencia de las ondas terrestres.

Varias frecuencias determinan qué componente de onda prevalecerá a lo largo de una determinada ruta de señal.

Por ejemplo, cuando la conductividad de la tierra es alta y la frecuencia de una señal radiada es baja, la onda de superficie es el componente predominante. Para frecuencias inferiores a 10 MHz, la onda de superficie a veces es el componente predominante. Sin embargo, por encima de 10 MHz, las pérdidas se mantienen con la onda de superficie y dichas pérdidas son más grandes que los otros componentes (onda directa y onda de cielo).

La constante dieléctrica o conductividad de la superficie de la tierra determina la cantidad de energía de señal que se absorbe o se pierde, y es diferente en cada superficie.

1.1.4 Capas de la Atmósfera

La propagación de Ondas Electromagnéticas se lleva a cabo dentro de la atmósfera de la Tierra. La atmósfera que rodea la Tierra se divide en varias capas, como se muestra en la **Figura 8**.

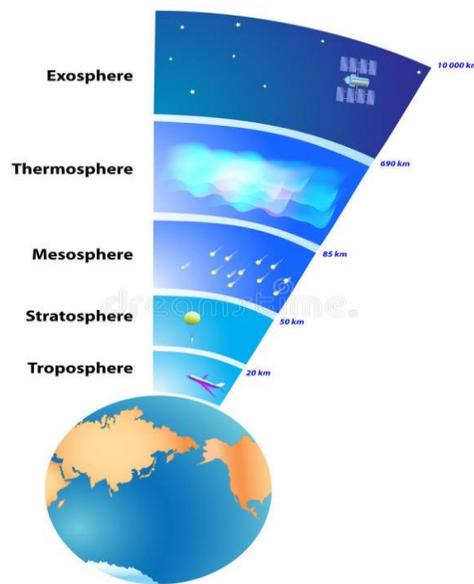


Figura 8. Clasificación de las capas de la atmosfera

Fuente: <http://westsidetutoring.com/earth-science-geology-and-physical-geography-tutoring/>
(12)

1.1.5 Circuito de Radiocomunicación [Ref. Manual CIATA,]

El equipamiento de radio para la comunicación entre dos estaciones, incluida la ruta que sigue la señal de radio a través del aire, es llamado un radio enlace. Un enlace de radio está formado por siete componentes:

Sistema Móvil Aeronáutico

1. El transmisor
2. La fuente de alimentación
3. Las Líneas de Transmisión
4. La antena de Transmisión
5. La propagación
6. La antena receptora
7. El receptor

El transmisor genera una señal de radio. La fuente de alimentación proporciona poder para la tensión de funcionamiento de la radio (Batería o Generador).

La Línea de transmisión ofrece la señal desde el transmisor a la antena de transmisión. La antena transmisora envía la señal de radio al espacio y hacia la antena receptora. La ruta de acceso en el espacio que sigue la señal de radio, ya que va a la antena de recepción es el camino de propagación. La antena receptora recibe la señal y la envía a través de una línea de transmisión al receptor. El receptor procesa la señal de radio para que pueda ser escuchado, se muestra el procedimiento en la Figura 9.

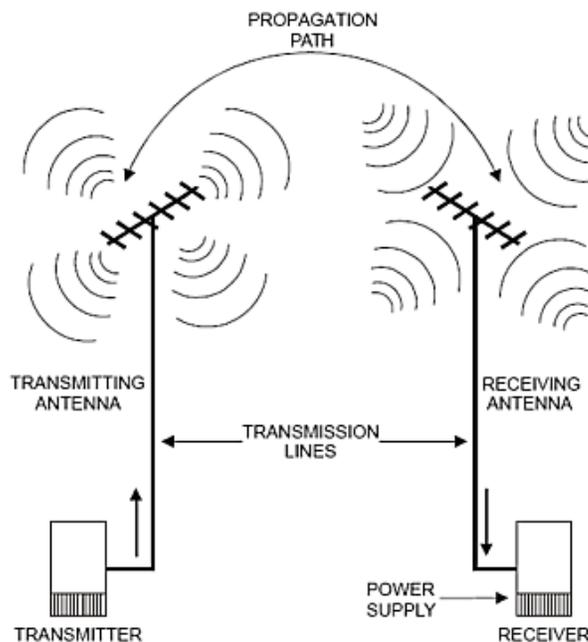


Figura 9. Typical Radio Link

Fuente: Manual CIATA (13)

El objetivo del operador de radio es proporcionar la más fuerte señal posible a la estación receptora. La mejor señal posible es aquella que proporciona la menor relación señal-ruido (S/N) en la antena de recepción.

Para implementar un circuito de radio comunicaciones, es necesario:

- ✚ Generar y emitir una onda electromagnética modulada con información (voz, el código Morse, etc.).
- ✚ Hacer que la onda se propague de manera eficiente desde la antena transmisora a la antena receptora.
- ✚ Intercepción de la onda mediante el uso de una antena de recepción.
- ✚ Demodular la energía para que la información transmitida originalmente esté disponible en una forma útil.

La elección de la antena correcta y la mejor propagación se tomarán en este proyecto como los dos factores más importantes para el establecimiento del circuito de comunicaciones, también se verá que el eslabón más débil en estos circuitos es la trayectoria de propagación.

1.1.5.1 Repetidores

Un radioenlace está constituido por equipos terminales y repetidores intermedios. La función de los repetidores es salvar la falta de visibilidad impuesta por la curvatura terrestre y conseguir así enlaces superiores al horizonte óptico. La distancia entre repetidores se llama vano.

Los repetidores pueden ser:

- ✚ Activos
- ✚ Pasivos

1.1.5.2 Repetidores Activos

La principal función del repetidor activo es tomar la señal en la frecuencia de llegada, trasladarla a una frecuencia intermedia, amplificar la señal y retransmitir

en la frecuencia de salida; no existe demodulación de la señal por lo que la información que lleva la señal no es procesada constituyendo a este tipo de repetidor un conjunto de equipos de transmisión-receptor para cada sentido de transmisión.

Un sitio con un repetidor activo contiene dos terminales completas de radio de microondas: antenas, cables coaxiales o guías de onda, y otros componentes y es una solución mucho más costosa que un repetidor pasivo, puesto que se requiere un recinto para el equipo, planta eléctrica y una estructura para el montaje de la antena.

1.1.5.3 Repetidores Pasivos.

Se utilizan para cambiar la dirección de la señal de radio con el fin de superar los obstáculos de visión directa entre dos estaciones de microondas, su misión es cambiar la dirección del haz radioeléctrico.

Se comportan como espejos que reflejan la señal y se los puede dividir en pasivos convencionales, que son una pantalla reflectora y los pasivos back-back, que están constituidos por dos antenas espalda a espalda. Se los utiliza en ciertos casos para salvar obstáculos aislados y de corta distancia. En los repetidores pasivos o reflector pasivo no hay ganancia y se limitan a cambiar de dirección del haz radio electrónico.

El repetidor espejo o también conocido como reflector en plancha metálica que refleja la señal entre las antenas receptora y transmisora para esquivar los obstáculos que se presenten en la trayectoria cambiando la dirección del campo electromagnético. Un repetidor pasivo es comúnmente utilizado para enlaces en VHF y UHF en donde el alcance es principalmente para transmisores de potencia media y baja. El repetidor permite extender el alcance de la transmisora y duplicarlo o multiplicarlo.

Los repetidores “Back to Back” es un tipo de repetidor que se emplea cuando no existe línea de visa entre dos estaciones relativamente cercanas pero es posible escoger un punto apropiado para la instalación de un reflector. Un arreglo back to back consta de dos antenas por un guía de onda o un cable coaxial corto. Al hacer el diseño del enlace se incluyen la longitud de onda total de la ruta y la pérdida que causa la guía de onda.

1.1.5.4 Diferencias Repetidores Pasivos y Activos.

Entre sus diferencias se menciona que el repetidor pasivo tiene 4 conexiones, por lo que puede conectar solamente a 4 estaciones de trabajo. El repetidor activo tiene el doble de capacidad. Los repetidores pasivos no se usan en grandes distancias, así como los repetidores activos que poseen circuitos para amplificar la señal que recibe, permitiendo que sea leída a una distancia mucho mayor. Un repetidor activo tiene antena receptora, amplificación, posible traslación de frecuencia, y antena retransmisora.

1.1.6 Desvanecimiento de la señal en Banda VHF

En la banda VHF, que se extiende desde 30 hasta 300 MHz, la presencia de objetos (por ejemplo, edificios o torres) puede producir reflejos fuertes que llegan a la antena de recepción de tal forma que se anula la señal desde la trayectoria de propagación deseada y las comunicaciones se hacen imposibles. La señal de rebote de las aeronaves, alternativamente cancela y refuerza la señal directa de la estación que la aeronave cambia de posición respecto a la transmisión y recepción de antenas.

Esta misma interferencia puede afectar negativamente a la voz en el circuito de comunicaciones VHF, lo que hace que la señal recibida sea ininteligible por breves períodos de tiempo.

Muchas otras cosas pueden afectar a la propagación de una onda de radio, colinas, montañas, edificios, torres de agua, vallas altas, aeronaves e incluso otras

antenas pueden tener un efecto marcado sobre la condición y fiabilidad de un determinado medio de propagación, conductividad del suelo local o cuerpo de agua puede alterar la fuerza de transmisión de la señal.

1.1.6.1 Atenuación en frecuencias VHF

Atenuación es la reducción de nivel de una señal, cuando pasa a través de un elemento de un circuito, o la reducción en nivel de la energía de vibración, cuando pasa a través de una estructura. La atenuación se mide en Decibels, pero también se puede medir en porcentajes. Por lo general, la atenuación depende de la frecuencia. La atenuación de la energía de vibración en estructuras mecánicas generalmente se aumenta si la frecuencia sube, pero puede ser una función muy compleja de la frecuencia.

1.1.6.2 Atenuación por vegetación

Las ondas radioeléctricas sufren gran atenuación al atravesar la vegetación, especialmente en el caso de frecuencias elevadas. Los sistemas móviles se ven mucho más afectados por este fenómeno, pues es más fácil que puedan darse situaciones donde el receptor no tiene visión directa (NLOS) al encontrarse obstruido por árboles o grandes arbustos. En el caso de enlaces punto a punto es menos habitual, pues la planificación previa del radioenlace permite identificar posibles obstáculos y evitarlos convenientemente. Aun así, todavía pueden producirse pérdidas significativas si el haz radioeléctrico transcurre cerca de zonas boscosas.

1.1.6.3 Atenuación por lluvia.

Durante la propagación, en los radioenlaces troposféricos y por satélite se producen atenuaciones de la señal debidas a la absorción y dispersión causadas por hidrometeoros como la lluvia, la nieve, el granizo o la niebla. Estos efectos son importantes en el caso de sistemas que operan a frecuencias milimétricas.

Capítulo II

2. Condiciones Generales, Parámetros y Recomendaciones Técnicas del Radio Enlace que será utilizado para el Servicio Móvil Aeronáutico.

2.1 Servicio Móvil Aeronáutico

2.1.1 Definición [RR, Art.1 P-1.33] [OACI ANEXO 10]

Servicio Móvil Aeronáutico (R)*: reservado a las comunicaciones aeronáuticas relativas a la seguridad y regularidad de los vuelos, principalmente en las rutas nacionales o internacionales de la aviación civil.

2.2 Clase de emisión en el servicio móvil aeronáutico y características de la modulación.

La clase de emisión se clasifica y simbolizan de acuerdo a sus características.

Las características esenciales son: [RR, Apéndice I]

- ✚ Primer símbolo: Tipo de modulación de la portadora principal
- ✚ Segundo símbolo: naturaleza de la señal (o señales) que modula la portadora principal
- ✚ Tercer símbolo: tipo de información que se va a transmitir.

De acuerdo a lo establecido en el Capítulo 2 del Anexo 10 Volumen 3 de Telecomunicaciones aeronáuticas publicados por la OACI, las características del sistema aeroterrestre de comunicaciones VHF usado en el servicio móvil aeronáutico se ajustarán a las especificaciones siguientes:

- ✚ Las emisiones radiotelefónicas serán portadoras de doble banda lateral (DBL) moduladas en amplitud (AM) (A3E). La designación de emisión es

A3E, como se especifica en el Reglamento de Radio Comunicaciones de la UIT.

- ✚ Las emisiones no esenciales se mantendrán al valor más bajo que permitan al estado de la técnica y la naturaleza del servicio.

El ancho de banda para la transmisión de voz en el SMA Comunicaciones T/A deberá de ser 6K80A3EJN para una separación de canal de 25 KHz o 5K00A3EJN cuando la separación de canal sea de 8,33 KHz. El equipo debe de operar satisfactoriamente ya sea con una separación de canal de 8,33 KHz o de 25 KHz.

De igual manera, el equipo debe de ser capaz de operar en las frecuencias de 118 MHz a 137 MHz en acorde al Anexo 10 VOL.5 Apéndice del Capítulo 4 de la OACI, de lo contrario no podrá transmitir las operaciones de cambio de frecuencia.

2.3 Parámetros técnicos del Servicio Móvil Aeronáutico

2.3.1 Asignación de frecuencias

El enfoque del proyecto será para el Sistema Móvil Aeronáutico en banda VHF 118 MHz a 137 MHz; frecuencia que es atribuida según el Reglamento de Radiocomunicaciones para dicho servicio en la sección RR S5-58; al igual que especifica la OACI en el Anexo 10 Volumen 5 de Radiofrecuencias aeronáuticas, como se muestra en la figura siguiente:

Tabla 1. Asignación de Frecuencias para el Sistema Móvil Aeronáutico

NOMBRE LIMITES ATERALES LIMITES ERTICALES CLASE DE ESPACIO AEREO	UNIDAD QUE PROPORCION A EL SERVICIO	DISTINTIVO DE LLAMADA (IDIOMAS) AREA Y CONDICIONES DE USO HORAS DE SERVICIO	FRECUENCIA/ PROPOSITO	OBSERVACIONES
1	2	3	4	5
ATZ INTL. A. C. SANDINO (NICARAGUA) Un círculo de 5nm centrado VOR/DME -MGA 120822.9661N / 0861027.1483W	TORRE DE CONTROL	Sandino Torre Español / Ingles H24	118.1 MHZ Servicio de Control de aeródromo	Se requiere comunicación a ambos sentidos
TWR INTL. A. C. SANDINO (NICARAGUA)	TORRE DE CONTROL	Sandino Torre Español / Ingles H24	118.1 MHZ Servicio de Control de aeródromo	Se requiere comunicación a ambos sentidos
CTR INTL. A. C. SANDINO (NICARAGUA) Área circular con un radio de 10NM centrado DVRO/DME 4000 SFC Categoría de espacio aéreo : C	TORRE DE CONTROL	Sandino Torre Aproximación Sandino Sandino Superficie Español / Ingles H24	118.1 MHZ 119.4 MHZ 121.9 MHZ	Se requiere comunicación a ambos sentidos
CORREDORES VFR INTL. A. C. SANDINO (NICARAGUA) Con el fin de proteger el tránsito IFR y los procedimientos de entrada y salida se establecen los corredores de entrada y salida VFR con los siguientes puntos geográficos prominentes de cheque obligatorio para las aeronaves en plan de vuelo VFR: A) Corredor VFR de llegada Este 1 RWY 10 (AE1 R-10) B) Corredor VFR de llegada Oeste 1 RWY 10 (AO1 R-10) C) Corredor VFR de salida Este 1 RWY 10 (DE1 R-10) D) Corredor VFR de salida Oeste 1 RWY 10 (DO1 R-10) E) Corredor VFR de llegada Este 2 RWY 28 (AE2 R-28) F) Corredor VFR de llegada Oeste 2 RWY 10 (AO2 R-28) G) Corredor VFR de salida Este 2 RWY 28 (DE2 R-28) H) Corredor VFR de salida Oeste 2 RWY 28 (DO2 R-28)	TORRE DE CONTROL APROXIMACION	Sandino Torre Sandino Aproximación	118.10 MHZ 119.4 MHZ	Se requiere comunicación a ambos sentidos

Fuente. AIP Parte II ENR (7)

Tabla 2. Puntos y Coordenadas de la Ruta Aeronáutica de Managua a Puerto Cabezas.

ENR 3.1 RUTAS ATS INFERIORES							
DESIGNADOR EN RUTA NOMBRE DE LOS PUNTOS SIGNIFICATIVOS COORDENADAS	RUMBO MAGNETICO VOR/RDL DISTANCIA GEODESICA	LIMITE SUPERIORES LIMITE INFERIORES CLASIFICACION DEL ESPACIO AEREO	LIMITE LATERALES NM	DIRECCION DE LOS NIVELES DE CRUCERO		OBSERVACIONES DEPENDENCIAS DE CONTROL FRECUENCIA	
				IMPAR	PAR		
1	2	3	4	5		6	
R878							
▲ DVOR/DME (PZA) 140242.7501 N / 0832317.8119 W	234° 054° 40 NM	195 FT 050 FT CLASE D	10		↓	PUERTO CABEZAS TWR 118.0 MHZ	
▲ TANKI 1339.2 N / 08356.7 W	234° 054° 60 NM						
▲ TILIK 1304.8 N / 08446.2 W	238° 058° 40 NM						
▲ KAVLO 1243.0N / 08320.4 W	236° 055° 60 NM	195 FT 080 FT CLASE C				↑	APP SANDINO CONTROL 119.4 MHZ
▲ DVOR/DME (MGA) 120822.9661N / 0861027.1483W							

Fuente. AIP Parte II ENR (7)

Condiciones Generales de Medición del transmisor y receptor

2.4 Condiciones Generales de los equipos.

- ✚ Un indicador Visual que muestre que el equipo esta encendido
- ✚ La facilidad de desactivar el silenciador (squelch) para propósitos de pruebas
- ✚ Un indicador visual de que la portadora se está produciendo

2.4.1 Determinación y medición de la potencia de modulación de amplitud de los transmisores radioeléctricos.

En el Reglamento de Radiocomunicaciones Artículo 1 se estipula, que siempre que se haga referencia a la potencia de un transmisor radioeléctrico, se exprese, según la clase de emisión, utilizando los símbolos indicados en dicho reglamento, y se expresa de la siguiente manera:

- ✚ Potencia en la cresta de la envolvente (PX o pX)

- ✚ Potencia media (PY o pY)
- ✚ Potencia de la portadora (PZ o pZ)

En los transmisores de modulación de amplitud, no siempre es posible medir directamente la potencia en la cresta de la envolvente. En un transmisor ideal, perfectamente lineal, esta potencia puede calcularse teóricamente a partir de los resultados de una medición de la potencia media de la emisión modulada o de la potencia de la onda portadora, pero la diferencia entre el valor real de la potencia en la cresta envolvente y el valor calculado de este modo depende, en primer lugar, del grado de no linealidad del transmisor real.

Además, la coincidencia de los valores medidos de la relación entre la potencia media y la potencia de la onda portadora con los valores teóricos, no es un criterio seguro de la linealidad del transmisor debido a las distorsiones que pueden, en función del nivel de entrada, aumentar linealmente la potencia media sin aumentar proporcionalmente la potencia en la cresta de la envolvente.

La potencia en la cresta de la envolvente de un transmisor de doble banda lateral y portadora completa (A3E), que fuese perfectamente lineal y estuviese modulado al 100 % sería cuatro veces mayor que la potencia de la onda portadora. Pero todo transmisor presenta cierta falta de linealidad y este defecto produce una distorsión de la señal, así como un aumento de las emisiones fuera de banda. Para limitar la importancia de esos efectos indeseables, hay que limitar la potencia de la cresta de la envolvente a un valor útil, lo que equivale, en un transmisor de doble banda lateral y portadora completa, a limitar el índice de modulación útil a un valor inferior al 100%.

La potencia en la cresta de la envolvente está limitada por la distorsión de intermodulación aceptable.

2.4.1.1 Nivel de intermodulación admisible

El nivel de intermodulación que puede considerarse admisible, depende de la clase de emisión y del servicio al que se destina el transmisor.

Para las emisiones radiotelefónicas de doble banda lateral o banda lateral única, los productos de intermodulación producen interferencias indeseables entre canales o emisiones fuera de banda. Su nivel ha de limitarse rigurosamente.

El nivel de intermodulación admisible puede ser inferior o igual a -35 dB.

Algunas administraciones prefieren emplear el método de medición de distorsión armónica con una sola oscilación sinusoidal moduladora. En condiciones de funcionamiento aceptables, el índice de modulación no excede generalmente del 90%.

2.4.1.2 Método de medida de la potencia en la cresta de la envolvente.

Debido a la imperfecta linealidad de los transmisores modulados en amplitud, la medición de la potencia en la cresta de la envolvente debe tener en cuenta el nivel de intermodulación admitido para el transmisor considerado y que, aplicando métodos diferentes de medida, pueden obtenerse resultados divergentes.

El método recomendado de medición es el siguiente:

1. Transmisores de modulación de amplitud de banda lateral única o de banda laterales independientes con portadora reducida o suprimida y portadora completa

2.4.2 Transmisores de modulación de amplitud de banda lateral única o de bandas laterales independientes con portadora reducida o suprimida y portadora completa.

Se conecta la salida del transmisor a la línea de alimentación de la antena o a una carga de prueba con la adecuada impedancia terminal.

Debe medirse la potencia media. Para ellos puede utilizarse cualquier aparato que sirva para medir la potencia media de una oscilación sinusoidal de radiofrecuencia de amplitud constante.

Se acoplan a la carga terminal un dispositivo de medida selectivo por ejemplo, un voltímetro selectivo de radiofrecuencia o un analizador de espectro, y un aparato que responda a la amplitud de cresta de la señal modulada por ejemplo, un osciloscopio.

El dispositivo de medida selectivo se emplea para medir las amplitudes relativas de las componentes espectrales de la señal de radiofrecuencia. El valor de cresta de esta señal se determina mediante el indicador de cresta.

El conmutador de control de la portadora o el atenuador del transmisor se ajusta en la posición que corresponda el nivel necesario de la portadora.

2.4.2.1 Nivel de la portadora

- Para la emisión con portadora suprimida: -40 dB o menor,
- Para la emisión con portadora reducida: entre -16 dB y -26 dB
- Para la emisión con portadora completa: -6 dB,

Pruebas del Transmisor y Receptor

2.4.3 TRANSMISOR

Todas las pruebas en el transmisor se llevarán a cabo con la potencia máxima de salida nominal a como se indica en el inciso **(2.4.10)**, excepto cuando se indique lo contrario.

2.4.3.1 Protección del transmisor

2.4.3.1.1 Definición

La protección del transmisor representa la capacidad del transmisor de protegerse en contra del malfuncionamiento debido a fallas en el sistema de antena.

2.4.4 Error de frecuencia

El error de frecuencia es la diferencia entre la frecuencia portadora medida y su valor nominal.

2.4.4.1 Método de Medición

La frecuencia portadora se medirá en ausencia de modulación, con el transmisor conectado a un cable coaxial, a como se indica en el inciso **(2.4.5.1)**.

2.4.4.2 Limite

El error de frecuencia debe de estar dentro de los requerimientos mostrados en la siguiente tabla:

Tabla 3. Límite del error de la frecuencia con respecto a la Temperatura

Frequency Error	Normal Temperature +15°C to +35°C	Extreme Temperature -20°C to +55°C	Extended Temperature 0°C to 40°C
8,33 kHz Fixed Base	±1 ppm	N/A	±1 ppm
8,33 kHz Mobile/portable	±1 ppm	N/A	±1 ppm
8,33 kHz Hand held	±1 ppm	N/A	±1 ppm
25 kHz Fixed Base	±5 ppm	±10 ppm	N/A
25 kHz Mobile/portable	±10 ppm	±15 ppm	N/A
25 kHz Hand held	±10 ppm	±15 ppm	N/A
2-/3-carrier offset system (25 kHz channel spacing)	±5 ppm	N/A	±5 ppm
4-carrier offset system (25 kHz channel spacing)	±3,8 ppm	N/A	±3,8 ppm
5-carrier offset system (25 kHz channel spacing)	±0,3 ppm	N/A	±0,3 ppm
2-carrier offset system (8,33 kHz channel spacing)	±1 ppm	N/A	±1 ppm

NOTE: Offset carrier frequencies will be those defined in ICAO Annex 10.

Fuente: ETSI EN 300 676-1 (14)

2.4.5 Disposición de la señal de prueba del transmisor

2.4.5.1 Terminación coaxial

Cuando las pruebas se llevan a cabo con terminación coaxial, estas no serán cargas reactivas, ni radiantes de 50Ω .

2.4.5.2 Fuentes de señal

Las señales moduladas serán aplicadas al transmisor a través de la entrada de audio modulada.

2.4.5.3 Señal de prueba normal

La señal de prueba normal será de una onda sinusoidal de 1KHz, a un nivel que produzca una intensidad de modulación del 30% sobre la salida del transmisor de RF, a menos que se indique de otra manera.

2.4.6 Respuesta de frecuencia de audio

2.4.6.1 Definición

La respuesta de frecuencia de audio expresa la capacidad del transmisor para operar sin una degradación excesiva de su respuesta de frecuencia como una función de la frecuencia de modulación.

2.4.6.2 Método de medición

La respuesta de audio frecuencia se medirá a 127,5 MHz.

La señal normal de prueba que se indica en el inciso **(2.4.5.3)** se aplicará a la entrada del transmisor y el nivel se ajustará para dar una intensidad de modulación del 60%.

La frecuencia de modulación se variará entre 300 Hz y 5 KHz, manteniendo la señal de prueba de audio a un nivel constante.

La intensidad de modulación se medirá en la salida del transmisor conectado a una terminación coaxial. Los resultados se expresarán en dB en relación con 1 KHz en tablas y/o formato gráfico.

2.4.7 Pruebas de Canal

Las pruebas serán llevadas en tres frecuencias a menos que se indique lo contrario.

✚ 118,000 MHz

✚ 127,500 MHz

✚ 136,975 MHz

2.4.8 Receptor

2.4.8.1 Límites de sensibilidad

La sensibilidad máxima no excederá el -101 dBm bajo condiciones normales de prueba y el -95 dBm bajo condiciones extremas de prueba.

2.4.9 Disposición de señal de prueba del receptor

2.4.9.1 Fuentes de señal de prueba

La fuente de señal de prueba será conectada a la entrada del receptor de tal manera que la impedancia presentada hacia el receptor será de 50 Ω , independientemente de si una o más señales son aplicadas al receptor simultáneamente.

2.4.9.2 Frecuencia Nominal

La frecuencia nominal del receptor es la frecuencia portadora del canal seleccionado.

2.4.9.3 Señal de prueba normal

La señal de prueba normal será de doble banda lateral con portadora, con una onda sinusoidal de amplitud modulada de 1KHz con una intensidad de modulación del 30%.

2.4.9.4 Silenciador

A menos que se indique lo contrario la instalación del silenciador del receptor será inoperativa durante la duración de las pruebas.

2.4.9.5 Potencia de salida de audio normal

La potencia de salida de la frecuencia de audio nominal es el valor indicado por el fabricante.

La potencia de salida de la frecuencia de audio debe mantenerse al 50% de la salida nominal en presencia de una señal deseada.

2.4.10 Poder del portador

2.4.10.1 Definiciones

La potencia de la portadora es la potencia media entregada a la terminación coaxial durante la transmisión en ausencia de modulación.

Los requerimientos presentes en la recomendación **ETSI 300 676- 1** se cumplirán para todos los niveles de potencia de salida para los transmisores que están destinados a operar dentro de los 50Ω.

2.4.11 Características de la modulación en amplitud

2.4.11.1 Intensidad de Modulación (voz)

2.4.11.1.1 Definición

Intensidad de Modulación en amplitud

La intensidad de modulación en amplitud es la relación fraccional, expresada como un porcentaje, de la diferencia y la suma de los valores numéricos de las amplitudes más grandes y más pequeñas encontradas en un ciclo de forma de onda modulante.

Límite del umbral

El límite del umbral se define como el nivel de entrada de audio mínimo requerido para los fabricantes, y que el equipo debe contar con una intensidad de modulación en amplitud mínimo del 85% a 1KHz.

2.4.12 Potencia del canal adyacente

2.4.12.1 Definición

La potencia del canal adyacente es la parte de la potencia de salida total de un transmisor en condiciones definidas de modulación, que cae dentro de una pasa banda centrada en la frecuencia nominal de cualquiera de los canales adyacentes. Esta potencia es la suma de la potencia media producida por la modulación, el zumbido y el ruido del transmisor.

2.4.12.2 Medición

La potencia del canal adyacente se medirá con un receptor de medición de potencia o un analizador equivalente.

- a) El transmisor operará a la potencia portadora máxima determinada en la cláusula **(2.4.10)** bajo prueba normal de condiciones. La salida del transmisor estará vinculada con la entrada del receptor de medición con un dispositivo de conexión, de modo que la impedancia presentada al transmisor sea de 50Ω y el nivel en la entrada del receptor de medición sea apropiada;

- b) El transmisor será modulado con una señal de 1 KHz para canales de 8,33 KHz y 25 KHz a un nivel requerido para producir una intensidad de modulación del 85 %.
- c) Con el transmisor modulado, la afinación del receptor de medición, será ajustada de modo que se obtenga la máxima respuesta. Este es el punto de 0 dB de respuesta. La configuración del atenuador del receptor de medición y la lectura del medidor debe ser registrado.
- d) La sintonización del receptor de medición se ajustará lejos de la portadora, así que el receptor responda lo más cerca de la frecuencia de la portadora del transmisor (-6dB) que está localizado en un desplazamiento desde la frecuencia de la portadora nominal de 4,83 KHz (con un espacio de canal 8,33 KHz) o 17 KHz (con un espacio de canal de 25 KHz).
- e) El atenuador variable del receptor de medición se ajustará para obtener la misma lectura que el paso C o una relación parecida a él.
- f) La relación entre la potencia del canal adyacente y la potencia del portador es la diferencia entre la configuración del atenuador en el paso C y E, corregido por cualquier diferencia en la lectura del medidor
- g) La medición se repetirá con el receptor de medición sintonizando al otro lado del portador.

2.4.12.3 Limites

La potencia del canal adyacente no excederá los siguientes valores por debajo de la potencia portadora del transmisor.

- ✚ Espacio de canal de 8,33 KHz: 50 dB
- ✚ Espacio de canal de 25 KHz: 60 dB

2.4.13 Medición de Ruido de banda ancha

2.4.13.1 Definición

La prueba de ruido de banda ancha determina la fase de ruido generado por el transmisor (cuando esta enchavetado), entre el canal adyacente y dentro de la

banda de exclusión de emisión no esencial. Es necesario minimizar los efectos de este ruido para evitar la desensibilización de los receptores que operan en frecuencias cercanas al transmisor.

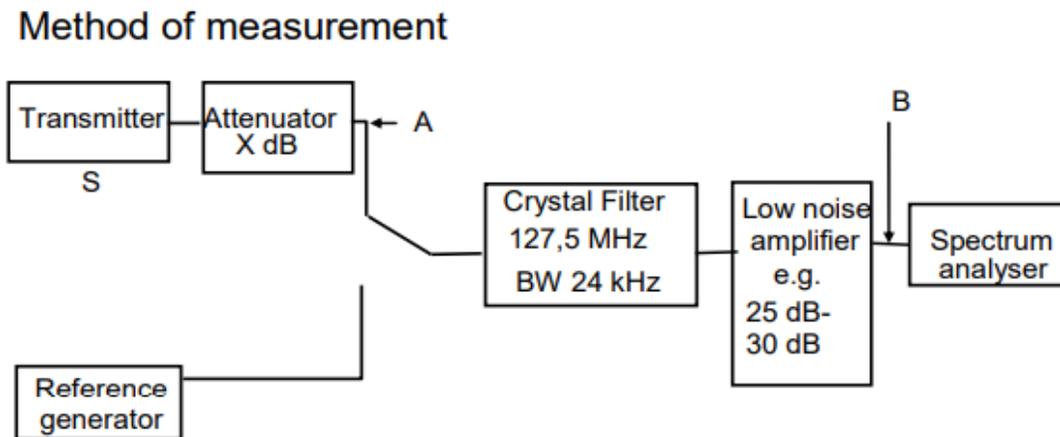


Figura 10. Medición de ruido de ancho de banda

Fuente: ETSI EN 300 676-1 (14)

Paso 1: Las mediciones se realizaran a 127,5 MHz

Paso 2: Cuando se usen filtros de cristal, la potencia de entrada no debe exceder 0 dBm.

El atenuador de potencia debe de elegirse de manera que el nivel que aparece en la entrada del filtro nunca exceda este límite.

Se puede colocar un fusible de RF en la entrada del filtro para proporcionar protección adicional.

Paso 3: Para potencias de salida mayor de 25 W, el atenuador debe proporcionar 50 dB de atenuación para proteger el filtro de cristal.

Paso 4:

- a) Conectar el equipo como se muestra en la **Figura 10**.
- b) Inicialmente conecte el analizador de espectro a la salida del atenuador de 50 dB (Point A). Configure el transmisor para producir una portadora no

- modulada en la frecuencia del filtro de cristal. Utilice un espacio de 50 KHz o 1 KHz de ancho de banda, tome de referencia la potencia de salida (P_r).
- c) Reconecte el analizador a la salida del amplificador (Punto B).
 - d) Ajuste la frecuencia del transmisor a 300 KHz sobre la frecuencia del filtro de cristal. Conecte el transmisor y aplique la modulación a 1 KHz para obtener un nivel del 85% de intensidad de modulación. Se monitorea el nivel de ruido en el analizador de espectro. Use la función de promediado de los analizadores para encontrar el nivel medio de ancho de banda dentro del filtro de cristal. Se toma en cuenta este nivel como (P_m).
 - e) Desconecte el transmisor y aplique una señal no modulada desde el generador de referencia hasta la frecuencia del filtro de cristal. Incremente el nivel RF hasta que tenga la misma amplitud que el nivel de ruido indicado en el paso (d). Registre este nivel como (P_{mref}).
 - f) El ruido de banda ancha a una desviación de 300 KHz se determina a partir de la siguiente fórmula mostrada en la Tabla 4.

Tabla 4. Fórmula para la medición de ruido de ancho de banda.

$WB\ noise = P_{mref} + P_r + BW\ correction\ (dBc/Hz)$
Dónde, la corrección de BW a 1 KHz= 30 dB

Fuente: ETSI EN 300 676-1 (14)

- g) Ajuste la frecuencia del transmisor a 300 KHz por debajo de la frecuencia del filtro de cristal y a una desviación de 500 KHz de la frecuencia del filtro, se repite la misma prueba para otra frecuencia de prueba que deba realizarse en el mismo transmisor.

2.4.13.2 Limite

El límite de ruido de ancho de banda será de $<-130\ dBc/Hz$.

2.4.14 Emisiones no esenciales conducidas

2.4.14.1 Definición

Las emisiones no esenciales son emisiones de RF que aparecen en el puerto de salida de RF en una frecuencia o frecuencias que están fuera del ancho de banda necesario y el nivel del cual puede ser reducido sin afectar la correspondiente transmisión de información. Las emisiones no esenciales incluyen emisiones armónicas, emisiones parásitas, y resultados de intermodulación, y productos de conversión de frecuencia, pero se excluyen las emisiones fuera de banda.

2.4.14.2 Método de medición

- Las emisiones no esenciales conducidas se medirán con el transmisor no modulado conectado a la red coaxial
- Las mediciones se realizarán en un rango de 9 KHz a 4 GHz, excluyendo el canal en el cual el transmisor está operando, y separado de la frecuencia central de emisión en 1 MHz.
- Las mediciones para cada emisión no esencial se medirán utilizando un instrumento de sintonización de radio o un analizador de espectro
- Las mediciones se realizarán en el transmisor en modo de espera.

2.4.14.3 Límites

Tabla 5. Límites de mediciones de las emisiones no esenciales

Environmental phenomena	Frequency range	Units	Test limits, Tx Standby	Test limits Tx active mode	Reference bandwidth
Spurious conducted RF Emissions	9 kHz to 150 kHz	dBm	-57 (2 nW)	-46 dBm	B = 1 kHz
Spurious conducted RF Emissions	> 150 kHz to 30 MHz	dBm	-57 (2 nW)	-46 dBm	B = 9 kHz to 10 kHz
Spurious conducted RF Emissions	> 30 MHz to 1 GHz	dBm	-57 (2 nW)	-36 dBm for harmonics, -46 dBm for non-harmonic spurious	B = 10 kHz (notes 1 and 2)
Spurious conducted RF Emissions	> 1 GHz to 4 GHz	dBm	-47 (20 nW)	-30 dBm for harmonics -40 dBm for non-harmonic spurious	B = 10 kHz

NOTE 1: For transmitters with an RF output above 50 W a limit of -80 dBc will be applied for harmonically related spurious.

NOTE 2: An exclusion band of ± 1 MHz about the carrier shall be used in active transmit mode.

Fuente: ETSI EN 300 676-1 (14)

2.4.15 Procedimientos y consideraciones básicas sobre las mediciones de sensibilidad de los equipos. [UIT-R SM.1840]

La Recomendación proporciona la definición de un procedimiento de prueba de la sensibilidad para receptores, y es lo que se les recomienda a los fabricantes, para que apliquen dicha definición, lo que supondría para los usuarios de estos equipos la ventaja de poder evaluar el producto de manera más sencilla y objetiva; debido a que la sensibilidad de un receptor mide su capacidad de recibir señales débiles y producir una salida con un nivel utilizable y una calidad aceptable.

El nivel de sensibilidad especificado en la hoja de datos de un receptor depende en gran medida de las frecuencias de pruebas utilizadas, de los parámetros de modulación, de la anchura de banda del filtro FI utilizado, del valor de la relación señal/interferencia incluido el ruido y la distorsión (SINAD) y de la temperatura ambiente predominante en las pruebas.

Debido a la correlación directa con el factor ruido, la característica de sensibilidad tiene una influencia directa sobre la idoneidad de un receptor como dispositivo de comprobación técnica.

2.4.15.1 Consideraciones generales de los procedimientos

La sensibilidad depende de:

- ✚ El factor ruido,
- ✚ El tipo de modulación
- ✚ Las frecuencias utilizadas en la prueba,
- ✚ La anchura de banda de FI utilizada en la prueba
- ✚ El valor de la SINAD
- ✚ La frecuencia de modulación
- ✚ El índice de modulación (en caso de modulación analógica)
- ✚ Los ajustes del preamplificador
- ✚ La temperatura predominante de las pruebas

Además, para evaluar correctamente la sensibilidad:

- ✚ Las mediciones deben realizarse en toda la gama de frecuencias del receptor,
- ✚ Debe especificarse un valor más desfavorable de la sensibilidad que deberá publicarlo el fabricante en la hoja de datos para toda la gama de funcionamiento del receptor. Como los valores de la sensibilidad dependen de la frecuencia, el fabricante puede decidir especificar de forma adicional la sensibilidad para las bandas o gamas de frecuencias seleccionadas,
- ✚ De igual manera, se puede indicar un valor medio (media aritmética de un cierto número de mediciones de prueba),
- ✚ Los valores de sensibilidad publicados deben ser válidos en toda la gama de temperaturas indicada en la hoja de datos. En caso de haber limitaciones deben de mencionarse en dicha hoja de datos.

2.4.15.2 Consideraciones básicas sobre las mediciones de sensibilidad

La sensibilidad de un receptor se define como el mínimo nivel de señal (μV , $\text{dB}\mu\text{V}$ o dBm) a la entrada del receptor para la demodulación y la escucha de audio de la señal recibida. La mínima señal audible con calidad aceptable deberá determinarse mediante medición de la SINAD.

A la entrada de la antena del receptor se aplica una señal de prueba modulada creada por un generador de señal. A la salida de audio se conecta un analizador de audio.

El principio de esta medición consiste en reducir el nivel de la señal en el generador hasta que se alcanza el valor de la SINAD, que se mide en el analizador de audio.

Las mediciones deben de realizarse en toda la gama de frecuencias sintonizando el generador de señal y el receptor a las señales de prueba con las frecuencias f_1 , $f_2 \dots f_n$.

2.4.15.3 Modulación de amplitud para la banda en ondas métricas

El nivel de sensibilidad viene indicado en la tabla 6:

Tabla 6. Nivel de sensibilidad

Sensibilidad (MA) (Preamplificador conectado)	$\leq X$ para anchura de banda 6 KHz SINAD 12 dB $f_{mod} = 1$ KHz $m = 0,5$
--	--

2.4.15.4 Definición de un procedimiento de prueba para medir la sensibilidad de los receptores de comprobación técnica radioeléctrica que utilizan señales con modulación analógica.

Además de los aspectos generales y consideraciones básicas indicadas anteriormente, deben aplicarse las siguientes definiciones para las mediciones;

Las mediciones deben realizarse para los dos modos de modulación principales, AM (A3E), a las frecuencias de prueba $f_1, f_2 \dots f_n$.

La selección de las frecuencias de prueba se realiza como se indica en el inciso (2.4.7), que está establecido en la recomendación (ETSI 300 676-1).

2.4.15.5 Procedimiento de medición

Se aumenta el nivel del generador de señal hasta que aparezca en la pantalla del analizador de audio un valor de la SINAD estable de unos 30 dB.

Se reduce el nivel de la señal hasta que el valor de la SINAD alcance 12 dB (para modulación en amplitud). La lectura del valor del nivel correspondiente en el generador de señal es la sensibilidad del receptor.

2.4.15.6 Conversión de Unidades

Si el valor de la sensibilidad se expresa en μV debe convertirse a dBm mediante las siguientes relaciones:

Valor ($\text{dB}\mu\text{V}$) = $20 \log$ valor (μV) Por ejemplo, para $1\mu\text{V}$: $20 \log 1(\mu\text{V}) = 0 \text{ dB}\mu\text{V}$

Valor (dBm) = Valor ($\text{dB}\mu\text{V}$) - 107 Por ejemplo, para $0 \text{ dB}\mu\text{V}$: $0 \text{ dB}\mu\text{V} - 107 = -107 \text{ dBm}$

Nota.- Suponiendo una impedancia de entrada de 50Ω (ETSI 300 676-1)

Capítulo III

Generalidades y Recomendaciones que siguen las entidades nacionales sobre el Servicio Móvil Aeronáutico.

3. Servicios de Información Aeronáutica

3.1 Servicio Responsable

El departamento de Gestión de Información Aeronáutica, forma parte de la dirección de Aeronavegación, bajo la responsabilidad del Instituto Nicaragüense de Aeronáutica Civil (INAC), garantizando la circulación de la información/datos necesarios para la seguridad, regularidad y eficacia de la navegación aérea nacional dentro de su área de responsabilidad.

3.2 Área de Responsabilidad

El servicio de información aeronáutica es responsable de recopilar y difundir información en todo el territorio Nacional, su espacio aéreo y sus aguas jurisdiccionales comprendidas bajo la jurisdicción de Nicaragua, para los efectos de tránsito aéreo.

3.3 Servicios de tránsito aéreo

3.3.1 Servicio Responsable

La autoridad responsable sobre los servicios de tránsito aéreo que se suministra en la República de Nicaragua es el Instituto Nicaragüense de Aeronáutica Civil (INAC) a través del Departamento de Tránsito Aéreo de la empresa Administradora de Aeropuertos Internacionales (EAAI).

3.4 Tipos de servicio

Los servicios de Tránsito Aéreo que se brindan dentro del territorio nacional son:

- a) Servicio de Control de aproximación (APP)
- b) Servicio de Control de Aeródromo (TWR)
- c) Servicio de Información de Vuelo (RDO)
- d) Servicio de Alerta, en todos los incisos anteriores
- e) Servicio de radar terminal

3.5 Servicios de Telecomunicaciones

La entidad encargada de la Administración de los Servicio de Telecomunicaciones Aeronáuticas es la Corporación Centroamericana de Servicios de Navegación Aérea (COCESNA).

3.5.1 Comunicaciones Orales (Servicio Móvil Aeronáutico).

En las comunicaciones orales se utilizará la fraseología normalizada de la OACI, en la **Tabla 7**, se muestra el alfabeto fonético: [Anexo 10 Vol. 2; CAP 5]

Tabla 7. Código Fonético Aeronáutico Internacional

A	ALFA	N	NOVEMBER
B	BRAVO	O	OSCAR
C	CHARLIE	P	PAPA
D	DELTA	Q	QUEBEC
E	ECHO	R	ROMEO
F	FOXTROT	S	SIERRA
G	GOLF	T	TANGO
H	HOTEL	U	UNIFORM
I	INDIA	V	VICTOR
J	JULIETT	W	WHISKEY
K	KILO	X	X-RAY
L	LIMA	Y	YANKEE
M	MIKE	Z	ZULU

Fuente: OACI ANEXO 10 VOL.2 Telecomunicaciones Aeronáuticas (15)

El INAC es la autoridad responsable de asegurar que el servicio de las telecomunicaciones aeronáuticas se preste de acuerdo a lo dispuesto en los procedimientos contenidos en las Regulaciones Técnicas Aeronáuticas (RTA), manuales, así como en los SARPS – OACI.

3.5.2 Transferencia de comunicaciones VHF

La estación aeronáutica apropiada avisará a una aeronave que pase de una frecuencia de radio a otra, de conformidad con los procedimientos convenidos. A falta de dicho aviso, la estación de aeronave notificará a la estación aeronáutica apropiada antes de efectuar dicha transferencia.

Al establecer contacto inicial en una frecuencia VHF, o al dejar dicha frecuencia, una estación de aeronave transmitirá la información estipulada por la autoridad apropiada.

3.5.3 Las comunicaciones aeronáuticas pueden ser clasificadas en diferentes criterios

- a) Según la ubicación de las estaciones de comunicaciones:

- Comunicaciones T/A: son aquellas que se establecen entre las aeronaves y las estaciones ubicadas en tierra, es decir, entre los controladores de tráfico aéreo y los pilotos de las aeronaves.
- Comunicaciones T/T: son las que se establecen entre los controladores de tráfico aéreo para coordinación (personal de apoyo, gestión y administración).

b) Según el tipo de información transmitida:

- Comunicaciones de Voz: son las que permiten la transmisión de voz entre controladores y pilotos.
- Comunicaciones de datos: aquellas que permiten el intercambio de datos digitales entre las aeronaves y las estaciones en tierra.

c) Según el modo de transmisión:

- Simplex: Transmisión en un único sentido (unidireccional).
- Half-Duplex: comunicación half-duplex o semi-duplex permite la transmisión y la recepción de forma bidireccional pero no simultáneamente, es decir, cada extremo transmite uno después del otro.
- Duplex: permite la transmisión y la recepción en ambos sentidos de forma simultánea.

d) Según la criticidad de las comunicaciones:

- Críticas para la seguridad aérea: son las que permiten llevar a cabo la actividad aeronáutica de una manera segura y eficaz.

- No críticas para la seguridad aérea: No tienen ninguna influencia en la seguridad del vuelo.

Se consideran críticos los siguientes servicios de comunicaciones:

- ✚ Comunicaciones para los servicios de tránsito aéreo (ATSC – Air Traffic Services Communication): comunicaciones relacionadas con los servicios de tránsito aéreo, incluyendo el control de tránsito aéreo, la información aeronáutica y meteorológica, la notificación de posición y los servicios relacionados con la seguridad y regularidad de los vuelos; comprenden tanto las comunicaciones de voz como de datos entre la aeronave y los servicios de tránsito aéreo.
- ✚ Comunicaciones para el control de operaciones por parte de las compañías aéreas (AOC- Aeronautical Operational Control): Comunicaciones necesarias para ejercer la autoridad respecto a la iniciación, continuación, desviación o terminación de un vuelo, por razones de seguridad, regularidad y eficiencia. Comprenden comunicaciones tanto de voz como de datos entre la aeronave y el centro de control de la propia compañía aérea o el personal de un aeropuerto.

El servicio Móvil Aeronáutico proporciona los servicios de comunicaciones T/A en Ruta, Aproximación, Aeródromo y de Información de Vuelo.

- ✚ Comunicaciones T/A en Ruta

Este servicio es proporcionado por los Centros de Control en Ruta (ACC), se utiliza para ellos una red de centros remotos de comunicaciones, que proporcionan cobertura de radio en el espacio aéreo de responsabilidad.

- ✚ Comunicaciones T/A en aproximación

Es el proporcionado por los Centros de Control de Aproximación (APP) dentro de cada TMA, para ellos se utilizan los centros de comunicaciones locales o las instalaciones de comunicaciones de los aeropuertos englobados dentro del TMA.

Comunicaciones T/A en Aeródromo

Las frecuencias VHF que se utilizan en los aeródromos están asignadas a los siguientes servicios locales.

- Aproximación: Dedicado a las aproximaciones al aeródromo, desde el momento en que se produce la transferencia entre un centro de control APP y la Torre de Control.
- Rodadura: Dedicada a la rodadura en pista y por las calles de rodaje.
- Emergencia: Dedicada a las situaciones de Emergencia.
- Autorizaciones: Dedicada a concesión de permisos tales como puesta en marcha de motores.
- Otros: Dedicadas a escuelas de pilotos, aeroclubes, etc.

Comunicaciones T/A para Información de Vuelo:

Es el proporcionado por las dependencias que prestan el servicio de Información de Vuelo, y su objetivo es facilitar información útil (meteorológica, operacional, etc.) a las aeronaves.

3.5.4 Falla de comunicaciones Orales

3.5.4.1 Aire Tierra

Cuando una estación de aeronave no pueda establecer contacto con la estación aeronáutica apropiada en el canal designado, tratará de establecer contacto en el canal utilizado anteriormente y, si no lo logra, en otro canal apropiado a la ruta. Si estas alternativas no dan resultado, la estación de aeronave tratará de establecer comunicación con la estación aeronáutica apropiada, otras estaciones u otra aeronave usando todos los medios disponibles y comunicara a la estación

aeronáutica que no puedo establecer contacto en el canal asignado. Además, una aeronave que opere en la red deberá escuchar en el canal VHF apropiado, las llamadas de aeronaves cercanas.

En caso que fallasen los intentos especificados en el párrafo anterior, la aeronave transmitirá su mensaje dos veces en el canal o canales asignados, procedido de la frase “TRANSMITIENDO A CIEGAS” y, si fuese necesario, incluirá al destinatario o destinatarios del mensaje.

En la operación de red, un mensaje que se transmita a ciegas debería transmitirse dos veces, tanto en el canal principal, como en el secundario; antes de cambiar de canal, la aeronave debería anunciar a qué canal va a cambiar.

3.5.4.2 Falla del receptor

Cuando una estación de aeronave no pueda establecer comunicación debido a falla del receptor, transmitirá informes a las horas o posiciones previstas, en el canal utilizado, precedidos de la frase “TRANSMITIENDO A CIEGAS DEBIDO A FALLA DEL RECEPTOR”. La aeronave transmitirá el mensaje seguido de una repetición completa. Durante este procedimiento la aeronave comunicará también la hora de su siguiente transmisión prevista.

Una aeronave a la que se le proporcione control de tránsito aéreo o servicio de asesoramiento, además de cumplir lo que se estipula en el párrafo anterior, transmitirá información relativa a las intenciones del piloto al mando respecto a la continuación del vuelo de la aeronave.

3.5.4.3 Tierra – Aire

Si la estación aeronáutica no ha podido establecer contacto con una estación de aeronave después de haber llamado en las frecuencias principal y secundaria que se cree que la aeronave está utilizando, hará lo siguiente:

- a) Solicitará de otras estaciones aeronáuticas que le presten ayuda llamando a la aeronave y retransmitiendo el tráfico, si fuera necesario;
- b) Pedirá a otras aeronaves en la ruta que intenten establecer comunicaciones con la aeronave y retransmitan el tráfico, si fuera necesario.

Estas disposiciones también se aplicarán cuando:

- a) A petición de la dependencia de los servicios de tránsito aéreo interesada;
- b) Cuando no se haya recibido una comunicación esperada de una aeronave, dentro de un período de tiempo tal que dé lugar a sospechar la ocurrencia de una falla de comunicaciones.

Capítulo IV

Fundamentos Teóricos y Diseño del Radio Enlace.

4.1 Fundamentos Teóricos

Propagación en Línea de Vista.

Un Radio Enlace con Línea de Vista, debe de tener en cuenta dos conceptos importantes que se muestran en la Figura 11.

Distancia al Horizonte: Que es una distancia que cubre el recorrido de la onda, desde que es emitida por la antena transmisora hasta el primer roce tangencial con la superficie terrestre.

Distancia de alcance visual: El alcance visual es la distancia que como máximo puede existir entre la antena transmisora y la receptora para que exista comunicación por onda directa. En la figura siguiente se puede distinguir entre la distancia al horizonte y la distancia de alcance visual.

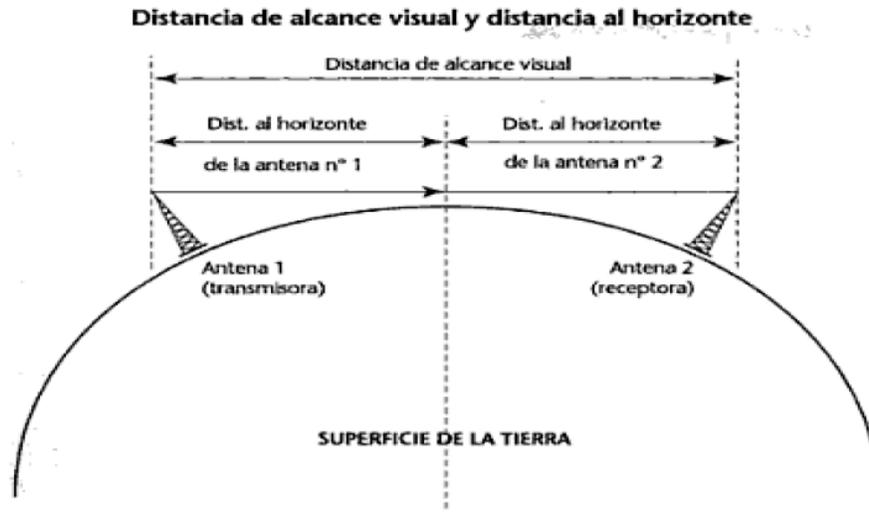


Figura 11. Distancia del alcance visual y distancia al horizonte.

Fuente. <http://radiocomunicacionestic.blogspot.com/2013/07/propagacion-en-linea-recta-o-de-alcance.html> (16)

$$\text{Distancia al horizonte} = 3.61 \sqrt{\text{Altura de la antena}} \text{ (Ec. 1)}$$

Curvatura de la Tierra (Factor K)

La curvatura de la tierra está representada por el valor K. Cada valor de K está dado para diferentes tipos de tropósfera.

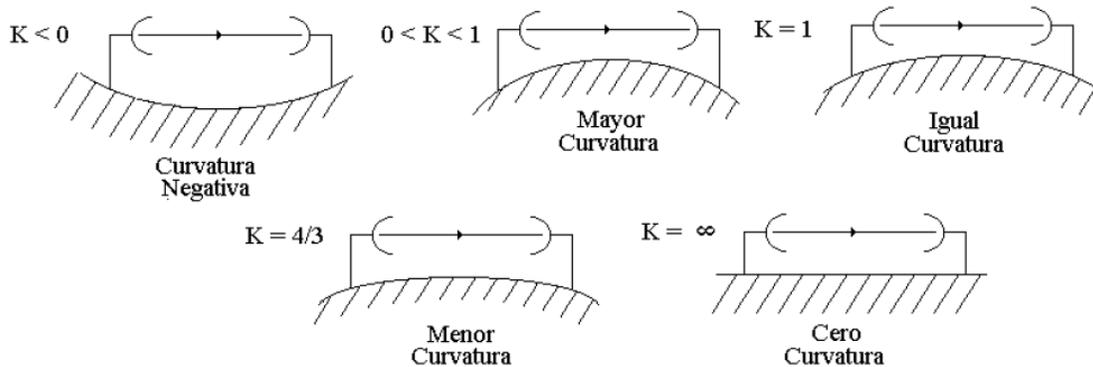


Figura 12. Curvatura de la tierra, Valor del Factor K

Fuente. <http://www.radioenlaces.es/articulos/correccion-de-la-altura-de-los-obstaculos/> (17)

Valores del Factor K, según el tipo de tropósfera:

Tabla 8. Valor de K y definición

Tipo de tropósfera	Valor de K	Característica
Conductiva	$K < 0$	Se considera a la tierra con curvatura negativa.
Sub-refractiva intensa	$0 < K < 1$	Tierra con mayor curvatura que la del rayo.
Sub – refractiva	$1 < K < 4/3$	Tierra con curvatura entre igual y menor que la del rayo.
Standard	$K = 4/3$	Tierra con menor curvatura que la del rayo.
Súper – Refractiva	$K > 4/3$	Tierra con menor curvatura que la del rayo, con curvatura tendiendo a cero.

En condiciones atmosféricas normales el valor de K varía según la región.

Por ejemplo, cuando K tiende a infinito, la Tierra aparece ante el haz como perfectamente plana, ya que su curvatura tiene exactamente el mismo valor que la terrestre, como se aprecia en la figura, el radio es afectado de a hacia ae, donde a es el radio real de la tierra y ae es el radio equivalente afectado por el factor K, esto lo podemos apreciar en la siguiente imagen:

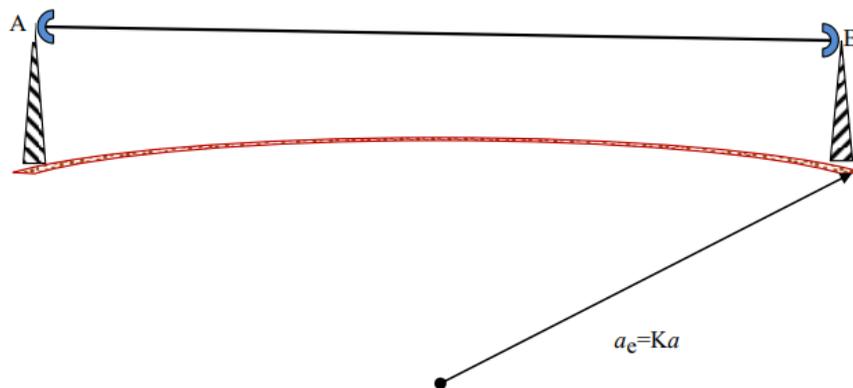


Figura 13. Ejemplo de curvatura de la tierra tomando un valor de K como infinito.

Fuente. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-07052014000200001 (18)

Para diferentes valores de K, el radio de la Tierra (a) también se afecta en proporción de Ka como se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 9. Valor del Radio de la tierra con respecto a K

K	Radio de la tierra afectado por el factor K
2/3	4246 Km
1	6370 Km
6/5	7644 Km
4/3	8493 Km
3/2	9555 Km

Índice de Refracción [UIT-R P.453-9]

El índice de refracción en la troposfera n es una función $f(p, e, T)$

Dónde:

P es la presión atmosférica (mbar)

e la presión del vapor de agua (mbar) y

T la temperatura absoluta ($^{\circ}K$)

El coindice de refractividad [UIT-R P.453-9]

El índice de refracción radioeléctrica de la atmósfera, “ n ”, se puede calcular mediante la fórmula:

$$n = 1 + N \times 10^{-6} \text{ (Ec. 2)}$$

Dónde:

N : coindice de refracción radioeléctrica está expresado por:

$$N_{seco} + N_{húmedo} = \frac{77.6}{T} \left(p + 4810 \frac{e}{T} \right) \text{ (Ec. 3)}$$

En condiciones normales de presión, temperatura y humedad la UIT brinda los siguientes valores estándar: $p = 1013 \text{ mb}$, $e = 10.2 \text{ mb}$, $T = 290 \text{ }^{\circ}K$

Refractividad en función de la altura [UIT-R P.453-9]

Se ha determinado que el valor medio a largo plazo del índice de refracción n , depende de la altura h ,

Dónde:

N_0 : valor medio de la refractividad atmosférica considerada al nivel del mar

h_0 : altura de escala (km)

N_0 y h_0 pueden determinarse estadísticamente para distintos climas. A título de referencia, pueden tomarse los siguientes valores globalizantes de estas dos características:

$$N_0 \text{ Ó } N_s = 315$$

$$H_0 = 7.35 \text{ Km}$$

Gradiente del coindice de refracción

$$\Delta N = N_s - N_1 \text{ (Ec. 4)}$$

$$\Delta N = \frac{\partial N}{\partial H} \sim - \frac{N_s}{H} = \frac{-315}{7.35} = -42.86 \text{ (Ec. 5)}$$

Y K es el factor de radio efectivo y se calcula de la siguiente manera:

$$K = \frac{157}{157 + \Delta N} = \frac{157}{157 + (-42.86)} = 1.37 \text{ (Ec. 6)}$$

Radio de la Primera Zona de Fresnel

Existen varias zonas de Fresnel, pero se le debe dar mayor importancia a la primera zona, debido a que si la primera zona fuera bloqueada por un obstáculo, la onda que se propaga sufriría atenuación. Sin embargo se ha demostrado que no es necesario un despeje al 100% de la primera zona de Fresnel, con el 60% de despeje existe una buena comunicación entre el transmisor y receptor.

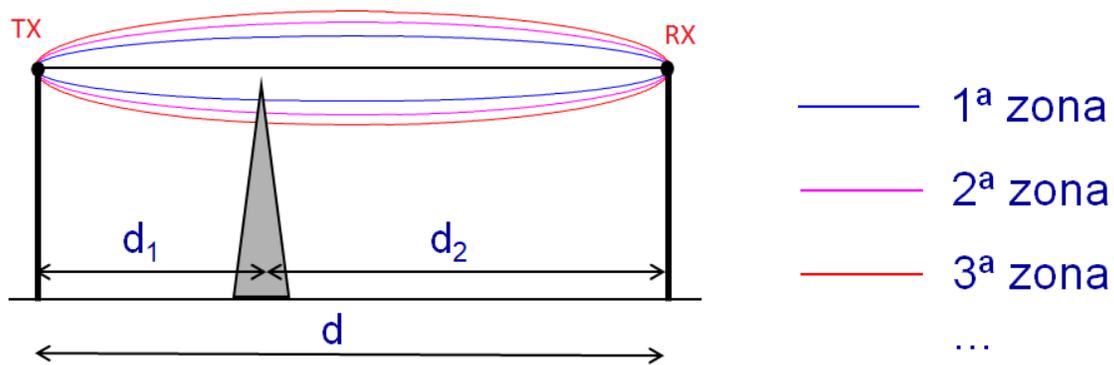


Figura 14. Zonas de Fresnel

Fuente. <https://www.prored.es/blog/radio-enlace/zonas-de-fresnel-en-un-radioenlace/> (19)

Para calcular la Primera zona de Fresnel mostrada en la Figura 14, utilizaremos la siguiente fórmula:

$$R1 = 548 \sqrt{\frac{D1[Km] * D2[Km]}{F[MHz] * D[Km]}} \quad (\text{Ec. 7})$$

Dónde:

D1 = Distancia de la antena Tx al obstáculo

D2 = Distancia de la antena Rx al obstáculo

F = Frecuencia (MHz)

Cálculo de Protuberancia o abultamiento de la tierra

El cálculo de abultamiento se puede efectuar considerando que la tierra tiene una curvatura modificada, la cual se presenta por el producto del factor de curvatura terrestre equivalente **K** y el radio de la tierra R_0 y a este producto $K \cdot R_0$ se le conoce como Tierra Ficticia.

Se calcula de la siguiente forma:

$$bE[m] = \frac{d1[km] * d2[km]}{2 * k * Ro[km]} * \frac{1000[m]}{1[km]} \quad (\text{Ec. 8})$$

En dónde:

bE = Abultamiento de la tierra

d1 = Distancia desde el Tx al obstáculo

d2 = Distancia desde el obstáculo al RX

K = factor de curvatura terrestre equivalente

Ro= Radio de la tierra, trabajaremos con un valor de 8493 km.

También se puede calcular la protuberancia o curvatura de la tierra en función del Valor del coindice de refractividad K por medio de la fórmula siguiente:

$$f(x) = \frac{x(d-x)}{2KR_0} \text{ (Ec. 9)}$$

Cálculo de la altura de despeje

El despeje es la distancia comprendida entre el perfil del terreno y la línea de vista entre un extremo y el otro. El obstáculo determinado en el perfil debe permitir el libramiento de al menos el 60% de la primera zona de Fresnel.

Para el cálculo de la zona de despeje se utiliza la siguiente fórmula:

$$hc = h_1 - \frac{d_1}{d} (h_1 - h_2) - \frac{d_1 d_2}{2Ka} - hs = [mts] \text{ (Ec. 10)}$$

Dónde:

hc: Margen de despeje sobre el obstáculo

h1 y h2: alturas de las antenas de Tx y Rx para cada sitio [m].

hs: altura del obstáculo [m]

d1: distancia del Tx al obstáculo [km]

d2: distancia del Rx al obstáculo [km]

d: Distancia entre el Tx y Rx. [km]

Otra manera de calcular la altura del despeje de la primera Zona de Fresnel, es tomando en cuenta la altura del rayo y la protuberancia de la curvatura de la tierra, y se calcula de la siguiente manera:

$$h(x) = YR(x) - Z(x) \text{ (Ec. 11)}$$

$$\left| \frac{h(x)}{R1(x)} \right| \text{ (Ec. 12)}$$

Dónde:

YR(x): Altura del rayo

Y la altura del Rayo la obtenemos con la siguiente fórmula:

$$YR(x) = Z(0) + \frac{x}{d} (Z(d) - Z(0)) \text{ (Ec. 13)}$$

Dónde:

Z(0): Altura del terreno donde está ubicado el Tx + altura de la antena [m]

Z(d): Altura del terreno donde está ubicado el Rx + altura de la antena [m]

X: Distancia del Tx al obstáculo [km]

d: Distancia entre el Tx y el Rx [km]

Composición y Valores del Margen de desvanecimiento

Se define como una pérdida adicional que se debe tomar en cuenta en las ya consideradas pérdidas de transmisión, en el margen de desvanecimiento se están considerando las pérdidas intermitentes en la intensidad de la señal provocadas por perturbaciones meteorológicas, como la lluvia, trayectos múltiples de transmisión y por la superficie irregular de la Tierra que afectan la propagación de las ondas electromagnéticas. El margen de desvanecimiento se incluye en la ecuación de ganancia del sistema para considerar características no ideales y no tan predecibles en la propagación de ondas de radio.

Sistema Móvil Aeronáutico

Además el margen de desvanecimiento nos permite tener en cuenta los objetivos de confiabilidad del sistema. Y se calcula de la siguiente forma:

$$Fm = 30 \log d + 10 \log(6 * A * B * F) - 10 \log(1 - R) - 10 \quad (\text{Ec. 14})$$

Dónde:

Fm = Margen de desvanecimiento (dB)

1-R=0.0001

d= Distancia del transmisor al objetivo [Km]

A= Factor de rigurosidad

B= Factor Climático

F= Frecuencia en GHz

La composición de los valores del margen de desvanecimiento, están descritos en la siguiente tabla:

Tabla 10. Valores del Margen de desvanecimiento

Término	Pondera	Factores
30 log D	La diversidad modal	D: Distancia Visual entre antenas en km
10 log (6 *A*B*F)	El entorno de propagación	A: Factor de rugosidad
		B: Factor Climático
		F: Frecuencia en GHz
10 log (1-R)	El objetivo de Confiabilidad	R: Es la confiabilidad esperada o convenida como un decimal.

Los Factores del entorno de propagación AB han sido definidos por la ITU de la siguiente manera:

Tabla 11. Valores del entorno de propagación (Factor de rugosidad).

Factor de Rugosidad	A
Espejos de agua, ríos muy anchos, etc.	4
Sembrados densos, pastizales, arenales.	3
Bosques(la propagación va por encima)	2
Terreno normal	1
Terreno rocoso disperejo	0.25

Tabla 12. Valores del entorno de propagación (Factor Climático)

Factor Climático	B
Áreas marinas o con condiciones de peor mes anualizadas	1
Áreas Tropicales calientes y húmedas	0.5
Áreas mediterráneas de clima normal	0.25
Áreas montañosas de clima seco y fresco	0.125

En la propagación de las ondas electromagnéticas se toman en consideración las siguientes pérdidas.

Difracción por obstáculo aislado o filo de cuchillo

Los obstáculos que se presentan a través del vano del radioenlace constituyen pérdidas al mismo, en la Recomendación UIT-R P.526 se establecen los parámetros con los cuales calcularemos las pérdidas por difracción por obstáculo.

Se considera un obstáculo aislado o filo de cuchillo a aquel que obstruye la línea de vista directa del rayo entre las estaciones del TX y Rx.

Atenuación de difracción producida por un obstáculo

En la recomendación UIT-R P.526 brinda la fórmula de como calcular la atenuación producida por un obstáculo, dando el parámetro adimensional v definido en la siguiente ecuación:

$$v = \sqrt{2} \left(\frac{-hc}{Rf1} \right) \text{ (Ec. 15)}$$

Para evaluar la difracción en radiocomunicaciones se tiene dos consideraciones:

Para $v < -0.7$ la atenuación es considerada nula

Para $v > -0.7$ se tiene la siguiente ecuación para calcular la atenuación o pérdida por difracción:

$$LD(V) = 6.9 + 20 \log \left(\sqrt{(v - 0.1)^2 + 1} + v - 0.1 \right) \text{ dB (Ec. 16)}$$

Pérdida por propagación en el espacio libre

La pérdida de propagación en espacio libre es aquella pérdida que sufre la señal electromagnética al propagarse en una trayectoria recta asumiendo circunstancias ideales, la onda viaja a través del vacío, no sufre absorción ni reflexión de energía por presencia de objetos cercanos. Y se calcula con la siguiente fórmula:

$$L = 32.4 + 20 \log f + 20 \log D = \text{dB (Ec. 17)}$$

Dónde:

D: Distancia que separa el Tx del Rx [km]

f: frecuencia de trabajo [MHz]

Cálculo de la distancia entre dos puntos

El cálculo de la distancia entre las dos antenas TX y RX lo podemos obtener mediante la siguiente fórmula:

$$D = \sqrt{(\Delta \text{longitud} * 111)^2 + (\Delta \text{latitud} * 111)^2 + (\Delta h)^2} \text{ (Ec. 18)}$$

En dónde:

D = Distancia en Kilómetros entre los puntos en donde se encuentran ubicado las estaciones.

Δ longitud: Diferencia entre las longitudes de las coordenadas geográficas de cada punto en grados.

Sistema Móvil Aeronáutico

Δ latitud: Diferencia entre las latitudes de las coordenadas geográficas de cada punto en grados.

Δ h: Diferencia entre las latitudes de las estaciones en km.

111: Esta cifra representa un factor de transformación a kilómetros, teniendo que 1° es aproximadamente 111 km.

4.2 Diseño del Enlace

4.2.1 Simulación (Programa “Radio Mobile”)

Diseño de Repetidora para el Sistema Móvil Aeronáutico De la Ruta de Managua a Puerto Cabezas (KAVLO-TANKI).

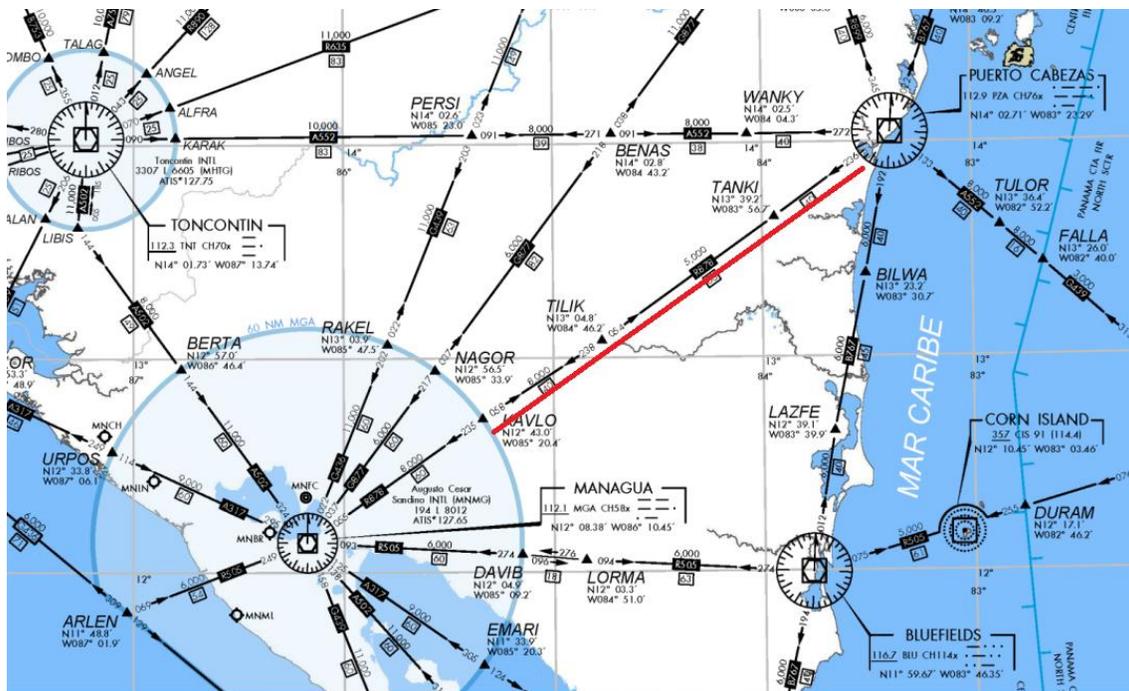


Figura 15. Rutas Aeronáuticas Nacionales

Fuente, Publicación de Información Aeronáutica de Nicaragua Parte II (ENR) (7)

4.2.2 Instalación de Radio Móvil

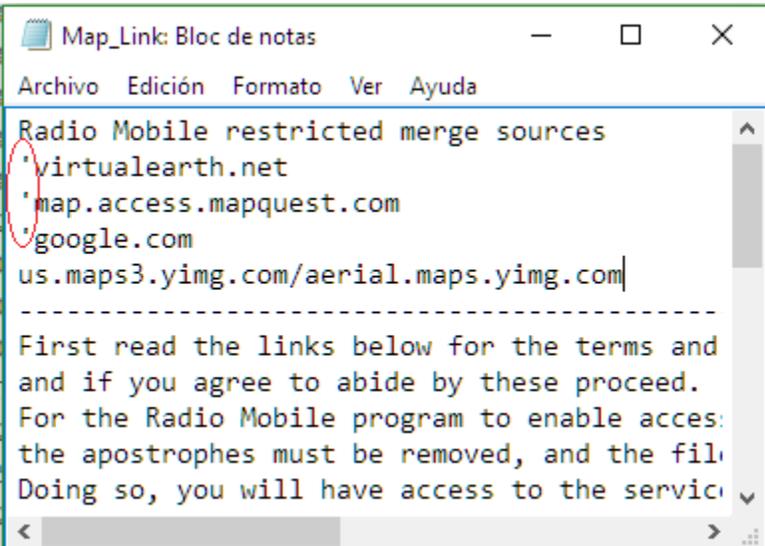
- ✚ Se descargan el setup de radio mobile, para que se instalen automáticamente las carpetas que contienen los mapas.

Fuente > <http://www.mediafire.com/file/ac5a2bpg5ratkrp/MobilRadio.rar>

- ✚ Una vez instalado, se modifica el notepad "Map_Link"

Map_Link 16/08/2018 11:06 Documento de tex... 2 KB

Se le borran los apostrofes, para que de esta manera Radio mobile pueda descargar los mapas de la web.



```
Map_Link: Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
Radio Mobile restricted merge sources
'virtualearth.net
'map.access.mapquest.com
'google.com
us.maps3.yimg.com/aerial.maps.yimg.com|
-----
First read the links below for the terms and
and if you agree to abide by these proceed.
For the Radio Mobile program to enable acces:
the apostrophes must be removed, and the fil
Doing so, you will have access to the servic
```

Figura 16.
Block de notas de la configuración de Mapas de Radio Mobile
Fuente: Archivo de configuración de Radio Mobile

4.2.3 Configuración de las Estaciones en Radio Mobile.

- ✚ Se insertan los parámetros de las unidades que se utilizaran.

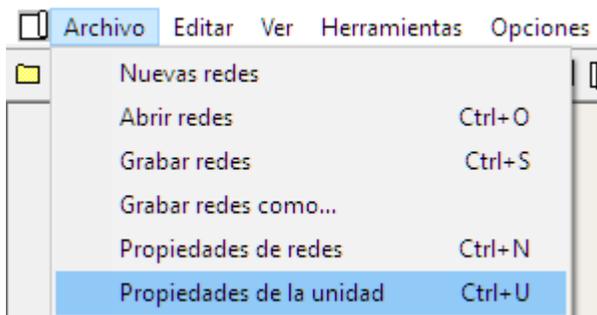


Figura 17. Configuración de las Propiedades de la unidad en Radio Mobile

✚ Para este proyecto se instalarán dos estaciones Bases y una Repetidora

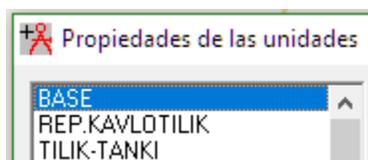


Figura 18. Estaciones Configuradas en Radio Mobile

✚ Coordenadas de las estaciones y la Repetidora

Tabla 13. Coordenadas de las Estaciones y distancia entre los sitios

Nombre de la Estación	Latitud	Longitud	Altura (solo terreno)	Distancia entre Sitios
Base	12 ^o 45'44.7" N	085 ^o 15'48,0"O	556.60mts	57.37Km
Rep.KavloTilik	13 ^o 01'38.1"N	084 ^o 48'30,4"O	540mts	
TilikTanki	13 ^o 16'39,2N	084 ^o 23'17,8"O	165mts	53.32Km

Configuración de las propiedades de redes

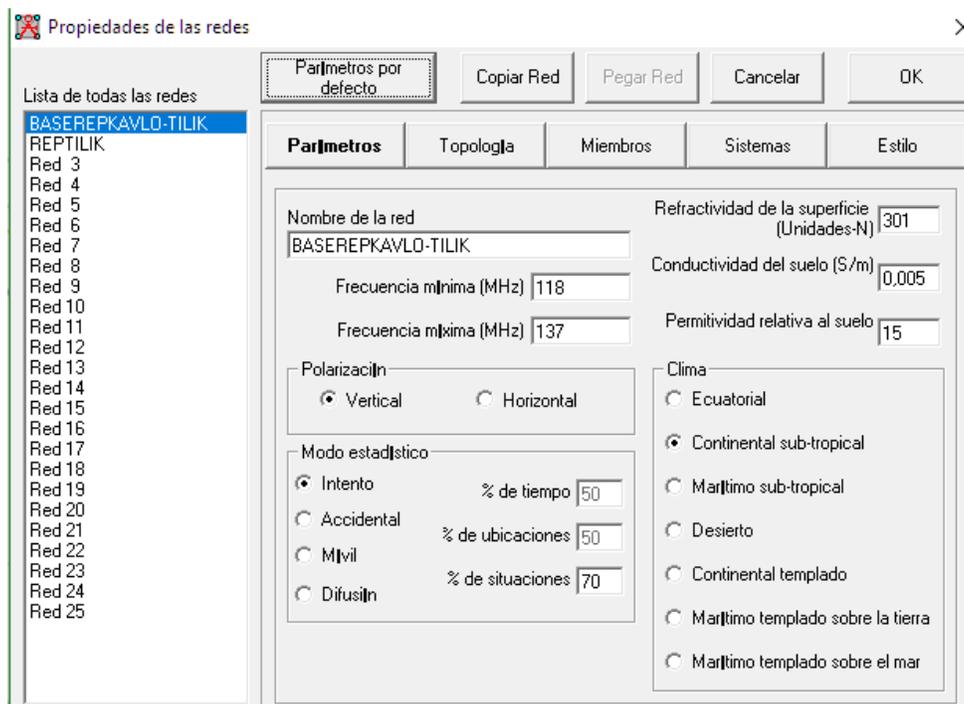


Figura 19. Configuración de los parámetros de la Antena Base

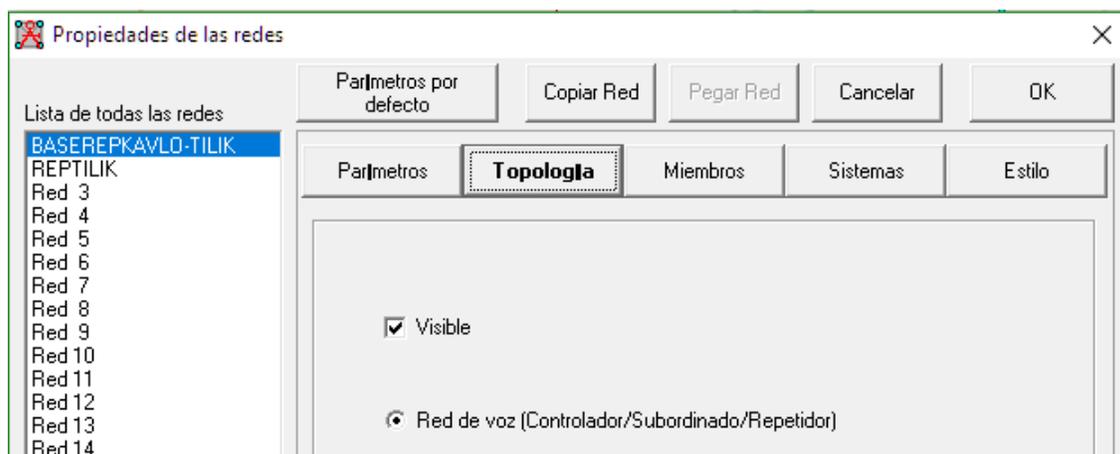


Figura 20. Configuración de Topología del Enlace

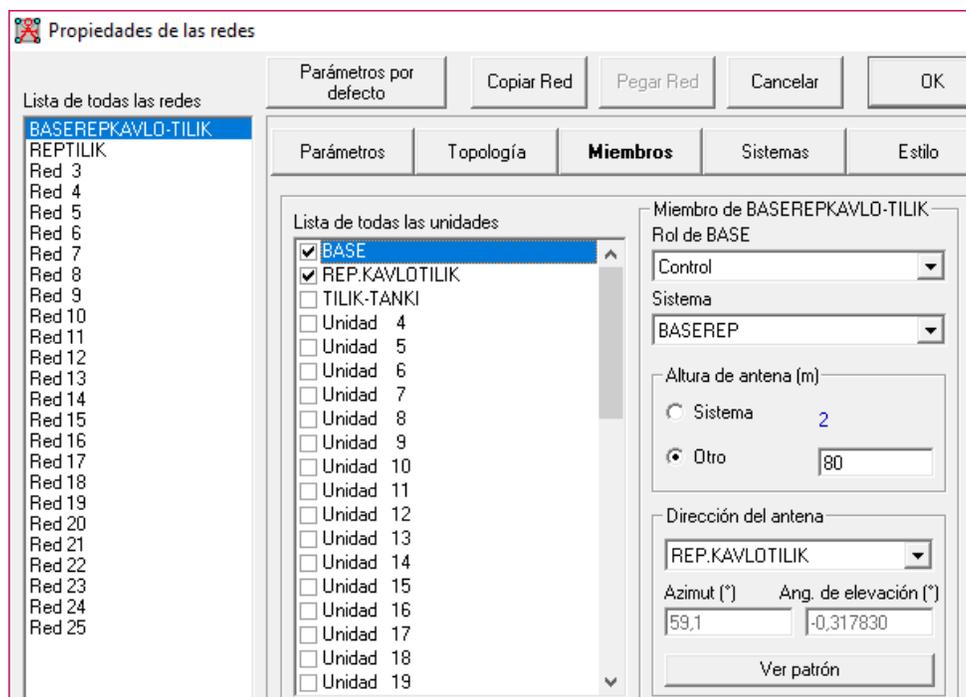


Figura 21. Configuración de Miembros de la antena Base y dirección de propagación

4.2.4 Vista Panorámica de las 3 Antenas

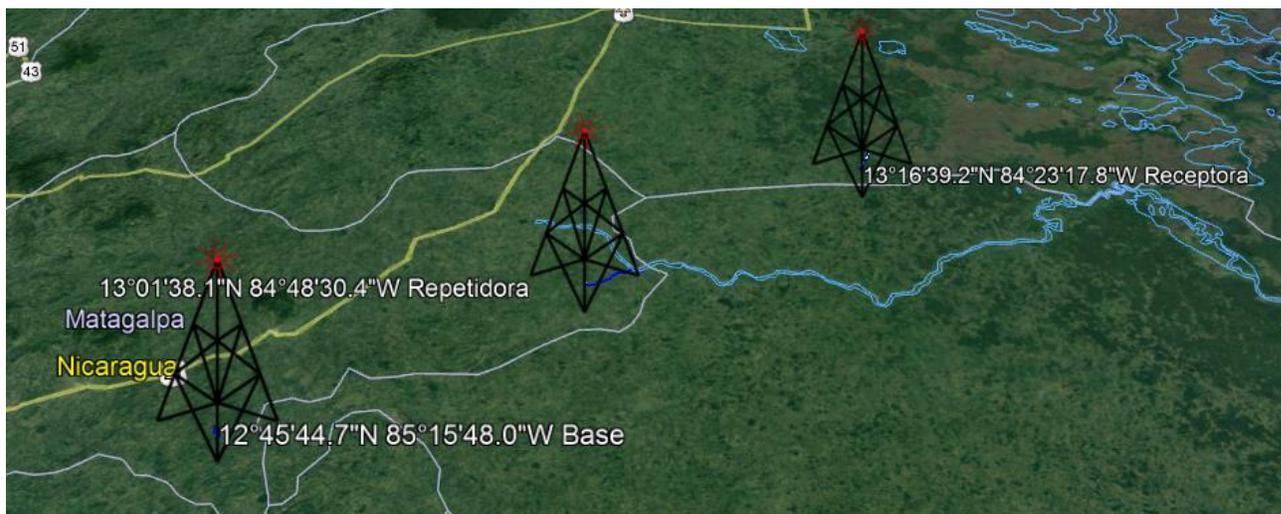


Figura 22. Vista brindada por Google Earth de las 3 Antenas (20)

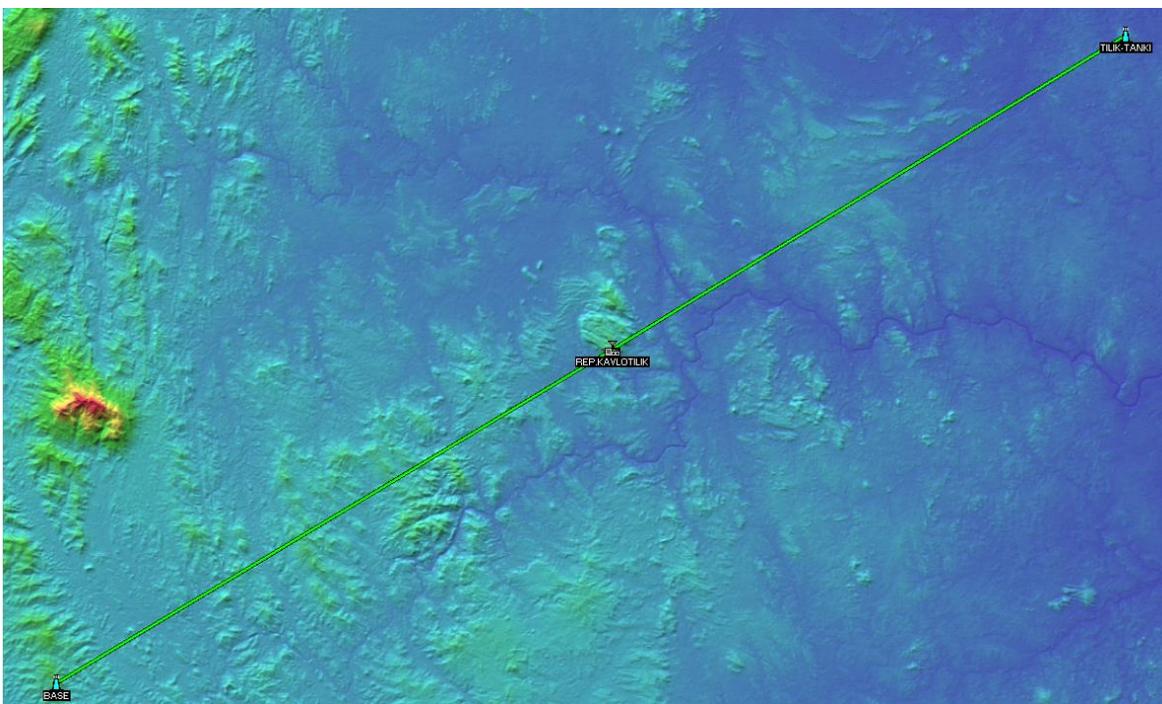


Figura 23. Vista de la instalación de las antenas en 2D (Radio Mobile)

4.2.5 Descripción y Ubicación de los pueblos cercanos donde se instalaran las antenas.

Estación A

Ubicación-La Concepción

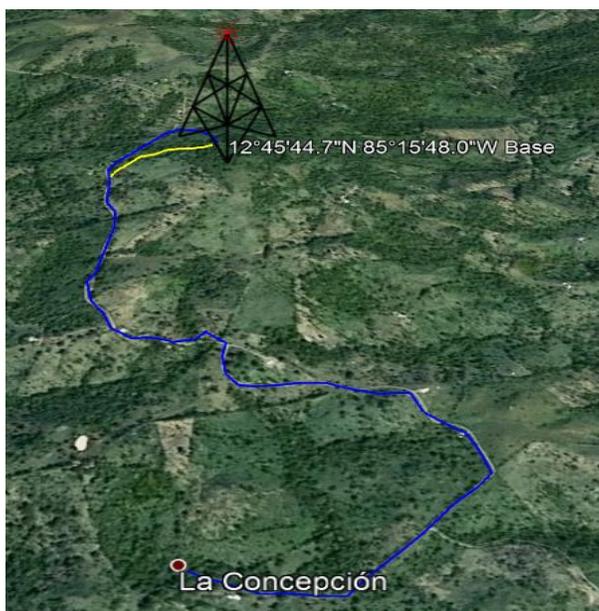


Figura 24. Imagen de pueblo cercano a la estación A (20)

Lat (DMS) 12° 53' 32N Long (DMS) 86° 7' 37W

Las coordenadas mostradas en la imagen representan la ubicación de la antena Base ubicada en el departamento de Matagalpa, la antena se encuentra ubicada en lo alto de un cerro a una elevación terrestre de más de 500mts. La ciudad o punto civil más cercano, es el pueblo de “La Concepción” como se muestra en la imagen se ubica también en el departamento de Matagalpa la cual se encuentra a una distancia de la antena de 4 Km de distancia.

El camino azul en la imagen muestra la ruta para poder llegar desde la antena al pueblo de la Concepción, el camino desde el poblado sale de dirección oeste desde el camino que conecta hacia la carretera principal.

El camino amarillo en la imagen muestra la ruta eléctrica que toma la alimentación de la torre. La torre se le alimentara de energía a través de tendido, el cual se puede ubicar en la carretera que conecta en el camino de la antena. Se necesitara por lo menos 1 km de tendido eléctrico para poder suministrar de manera eficiente el servicio eléctrico a la torre.

Las condiciones climáticas de la zona muestran vientos de más de 22-24 km/h lo cual hace recomendable la instalación de una antena auto soportada ya que son construidas para soportar grandes tensiones de viento y son recomendadas para estaciones de antenas ya sea aéreas u otro servicio.

Antena repetidora Ubicación-La Estrella

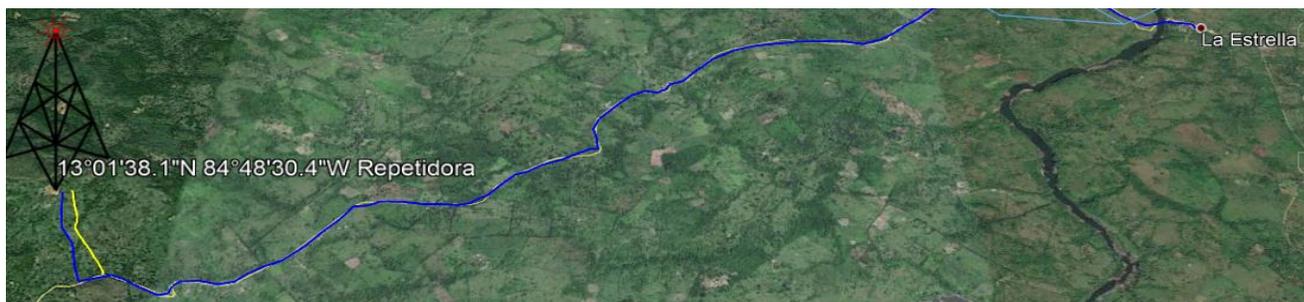


Figura 25. Imagen de pueblo Cercano a la Antena Repetidora. (20)

Lat (DMS) 12° 49' 40N Long (DMS) 85° 54' 51W

Las coordenadas en la imagen muestran la ubicación de la antena Repetidora ubicada en el departamento de Matagalpa. El punto civil más cercano es la ciudad de “La estrella” como se muestra en la imagen también ubicada en el departamento de Matagalpa a 11.6 km desde la antena.

El camino azul en la imagen muestra la ruta para poder llegar desde la antena hacia la ciudad de la estrella. El camino sale de dirección sur y se conecta con la carretera principal

El camino amarillo en la imagen muestra la ruta eléctrica que toma la alimentación de la torre, se necesitara al menos un 1km de tendido eléctrico para brindar de manera eficiente el servicio eléctrico a la antena.

Las condiciones climáticas de la zona muestran vientos de más de 20-24 km/h.

Estación B

Ubicación-La Esperanza

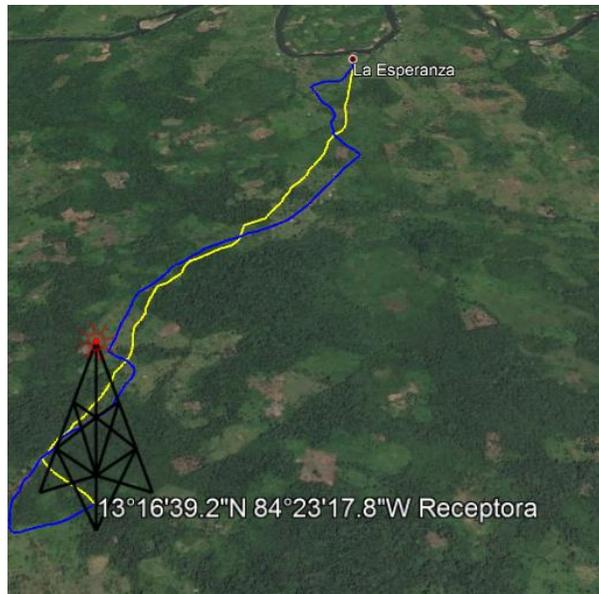


Figura 26. Imagen de pueblo cercano a la estación B. (20)

Lat (DMS) 14° 39' 43N Long (DMS) 84° 24' 3W

Sistema Móvil Aeronáutico

Las coordenadas en la imagen muestran la ubicación de la antena receptora ubicada en la Región atlántico Norte, la antena se encuentra ubicada en lo bajo de los cerros a una altura terrestre de más de 120mts. El punto civil más cercano es el pueblo de “La esperanza” ubicada también en la región del Atlántico Norte a una distancia de 4.8 km de la antena.

El camino azul en la imagen muestra la ruta a seguir para llegar a la antena desde el poblado la esperanza. Para llegar a la antena se necesita salir dirección sur desde el pueblo y tomar un camino no pavimentado actualmente.

El camino amarillo en la imagen muestra donde se desea trazar las conexiones del tendido eléctrico ya que la zona no cuenta con un suministro eléctrico disponible y se desea lanzar al menos 6 km de tendido eléctrico desde la antena hasta el poblado de la esperanza para poder suministrar al equipo la energía para su funcionamiento.

4.2.6 Imágenes del Enlace de simulación Base-Rep.KavloTilik

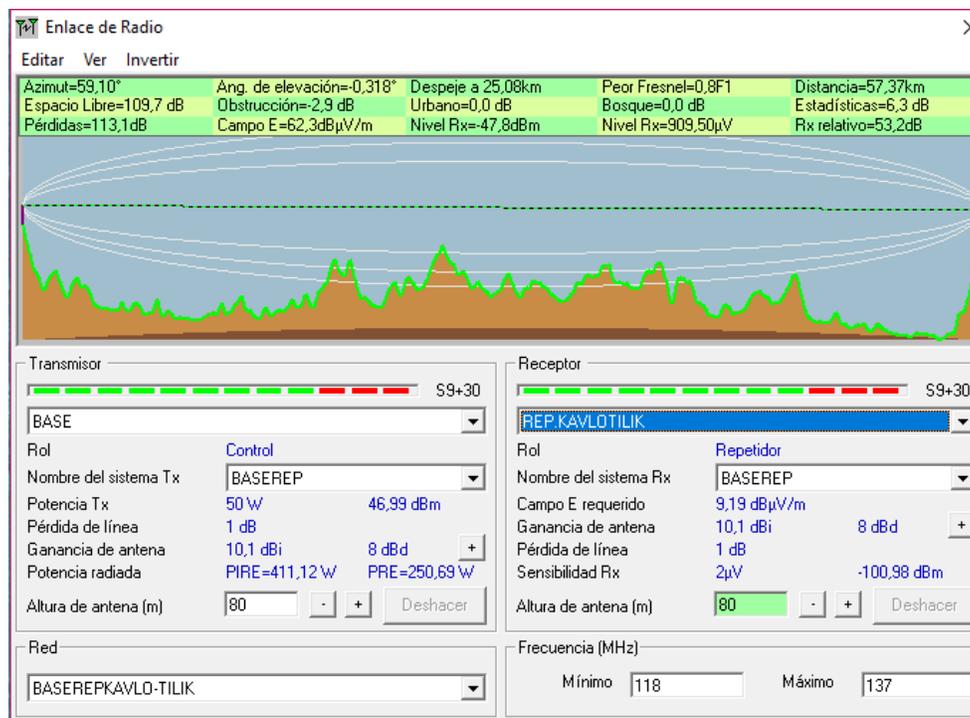


Figura 27. Enlace Base-Rep.KavloTilik (21)

4.2.7 Imágenes de la Rep.KavloTilik-Tilik.Tanki

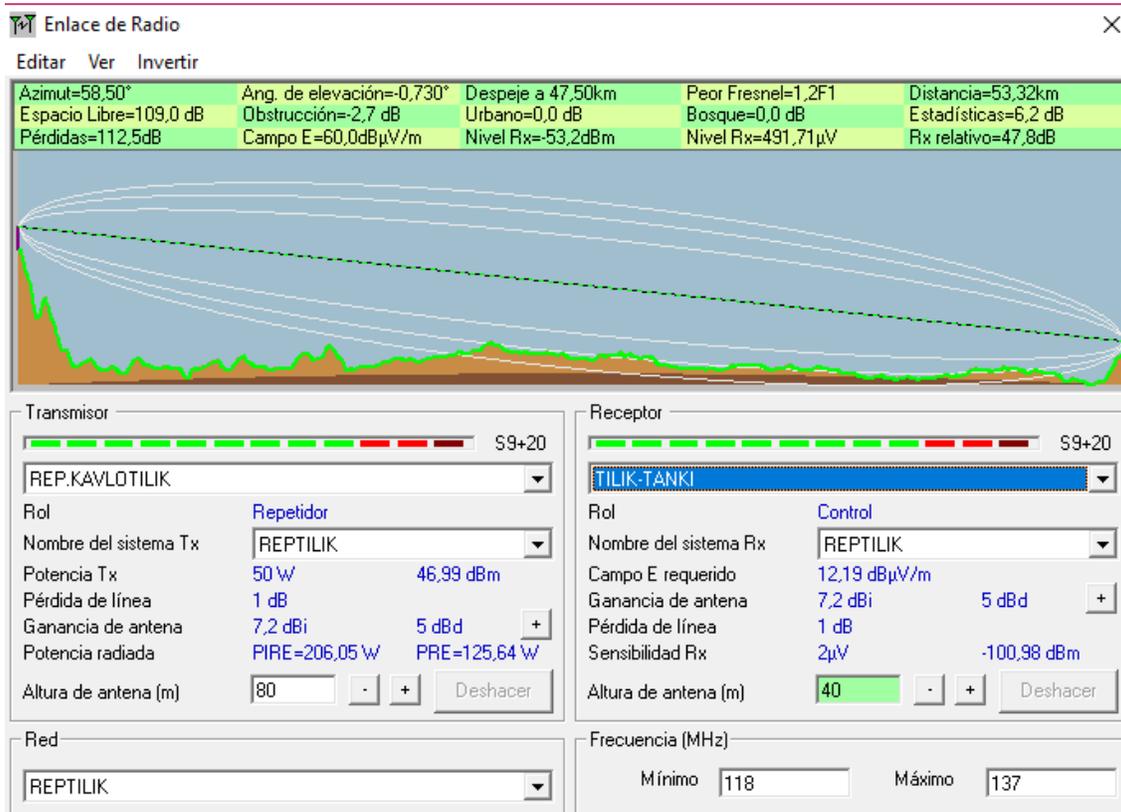


Figura 28. Enlace Rep.KavloTilik – TilikTanki (21)

4.2.8 Imágenes de Cobertura de las Estaciones

En las siguientes imágenes se muestra el radio de cobertura de las estaciones configuradas para la simulación del Radio Enlace, que tendrá como referencia de su ubicación la Ruta Aeronáutica de Managua hacia Puerto Cabezas, entre los puntos Kavlo y Tanki de dicha ruta. La propagación será en base a la configuración de las antenas, en el caso de esta simulación será propagación omnidireccional.

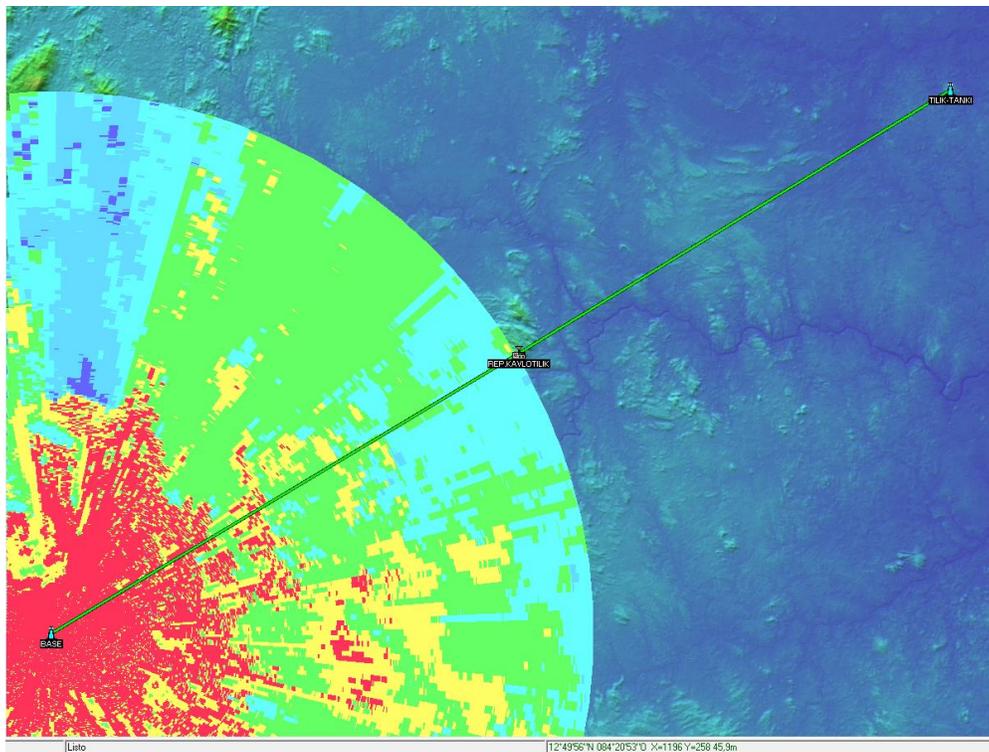


Figura 29. Cobertura de la Antena Base

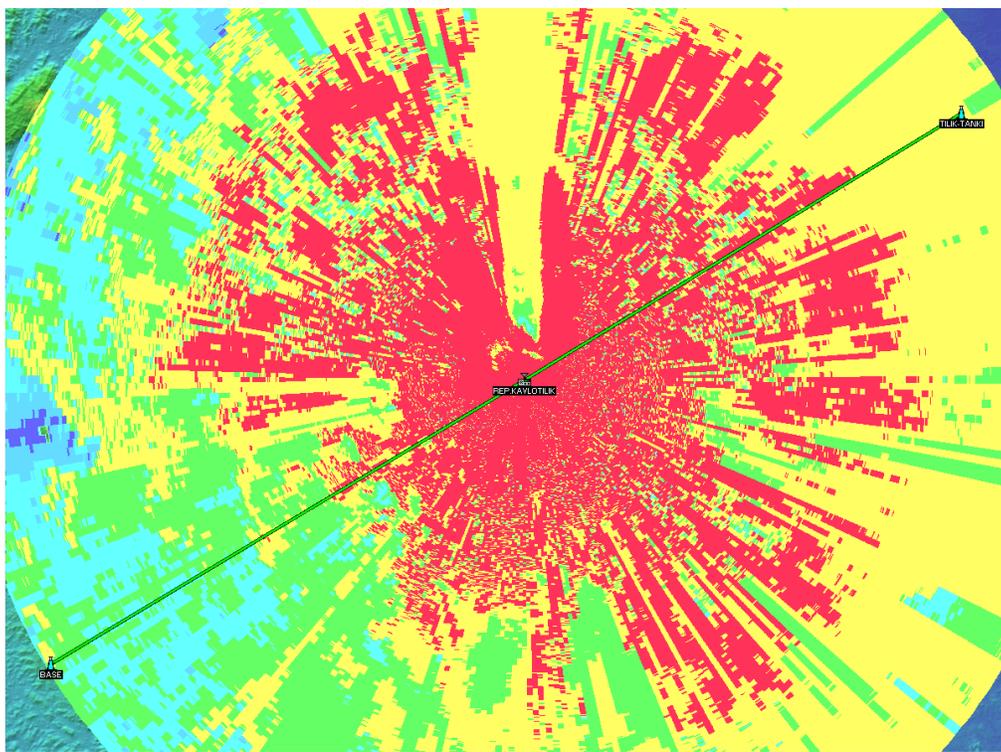


Figura 30. Cobertura de la Antena Repetidora

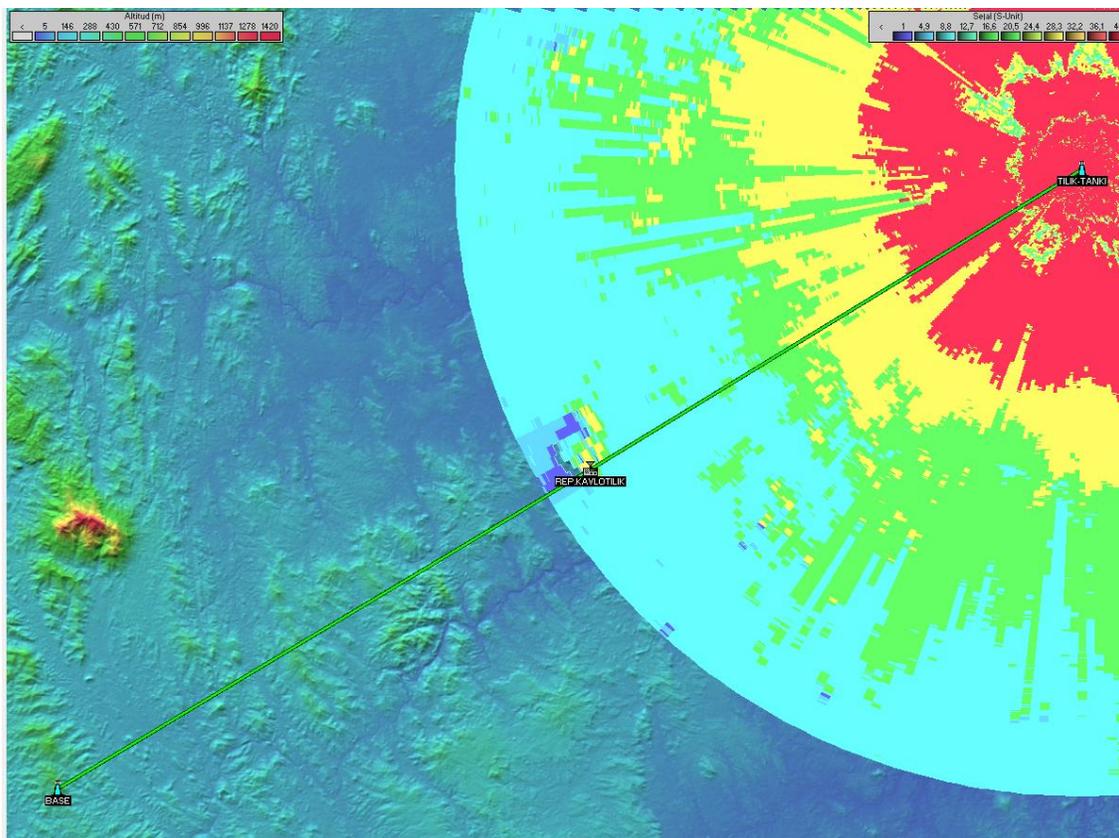


Figura 31. Cobertura de la Estación Terminal

4.3 Cálculos del Radio Enlace

Distancia entre los dos puntos Base- RepKavloTilik

$$D = \sqrt{(-0.27 * 111)^2 + (0.45 * 111)^2 + (0.0166)^2} \text{ (Ec. 18)}$$

$$D = 58.25 \text{ Km}$$

Nota.- Para los siguientes Cálculos se utilizara la distancia total entre el Tx y el Rx que se muestra en Radio Mobile.

Distancia entre los dos puntos Rep.KavloTilik – TilikTanki

$$D = \sqrt{(0.42 * 111)^2 + (-0.25 * 111)^2 + (0.415)^2} \text{ (Ec. 18)}$$

$$D = 54.25 \text{ Km}$$

Nota.- Para los siguientes Cálculos se utilizara la distancia total entre el Tx y el Rx que se muestra en Radio Mobile.

Cálculos del Enlace BASE-REP KAVLOTILIK

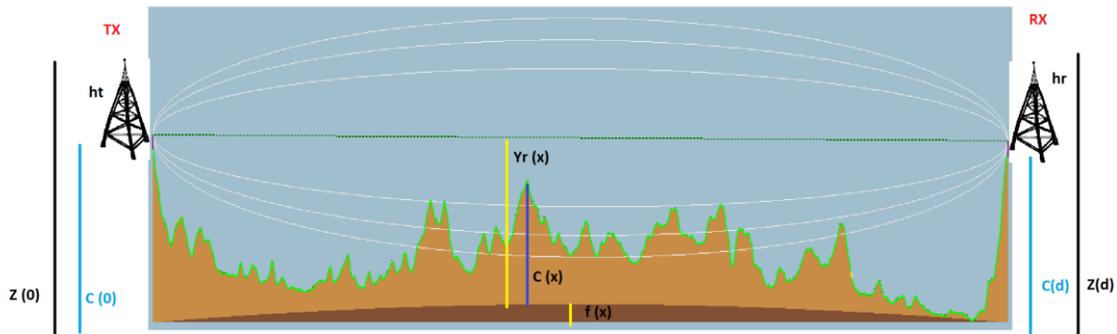


Figura 32. Enlace de la Estación Base a la Estación Repetidora

Dónde:

$C(0)$: Altura de la superficie en la que está ubicado el TX

h_t : Altura de la torre Tx

$Z(0)$: Altura total en que estará colocado el Tx

$F(x)$: Protuberancia de la Tierra

$C(x)$: Altura del obstáculo sobre el nivel del mar

$Y_r(x)$: Altura del rayo sobre la base

X : Distancia del Tx al obstáculo

D : Distancia total entre el Tx y Rx

$Z(x)$: altura respecto al obstáculo a tierra plana

Tabla 14. Datos del enlace de la Estación Base y la Repetidora

$Z_0 = C_0 + h_t = 636.60$	$C_x = 427\text{mts}$	$Z_d = C_d + h_r = 620\text{ mts}$
$C_0 = 556.60\text{mts}$	$X = 25.17\text{km}$	$C_d = 540\text{ mts}$
$h_t = 80\text{mts}$	$d = 57.37\text{ km}$	$h_r = 80\text{ mts}$

Sistema Móvil Aeronáutico

Protuberancia o curvatura de la tierra:

Sustituyendo los valores en la ecuación de la protuberancia o curvatura de la tierra, tenemos lo siguiente,

$$bE[m] = \frac{25.17[km] * 32.20[km]}{2 * 1.33 * 8493[km]} * \frac{1000[m]}{1[km]} = 0.037 * 1000 = 36.70mts. (Ec. 8)$$

También se puede calcular la protuberancia o curvatura de la tierra tomando en cuenta el coindice de refracción brindado por la UIT,

$$f(x) = \frac{25.17 (57.37 - 25.17)}{2 * 1.37 * 8493} = 0.0345 Km (Ec. 9)$$

Por lo que la altura efectiva del obstáculo respecto a tierra $Z(x)$ será:

$$Z(x) = c(x) + bE = 427m + 36.70 mts = 463.70mts$$

Se calcula el radio de la primera zona de Fresnel ($Rf1$)

$$Rf1 = 548 \sqrt{\frac{(25.17)(32.20)}{(118)(57.37)}} = 189.61mts (Ec. 7)$$

Cálculo de la Altura del rayo

$$YR(x) = 636.60 + \frac{25.17}{57.37} (620 - 636.60) = 629.32mts (Ec. 13)$$

Despeje de la zona de Fresnel con referencia a la altura del rayo

$$h(x) = 629.32 - 463.70 = 165.62 mts (Ec. 11)$$

$$\frac{h(x)}{Rf1(x)} = \frac{165.62}{189.61} = 0.8734 * 100\% = 87.34 \% (Ec. 12)$$

87.34% >> 60% Hay total línea de vista.

Segunda Opción de despeje de la zona de Fresnel

Sistema Móvil Aeronáutico

Este despeje de la primera zona de Fresnel no incluye, el valor agregado de la altura de la curvatura o protuberancia de la tierra a la altura del obstáculo.

$$hc = 636.60 - \frac{25.17}{57.37} (636.60 - 620) - \frac{(25.17)(32.20)}{(2)(1.33)(8493)} - 427 \text{ (Ec. 10)}$$
$$= 202.18\text{mts}$$

Para el cálculo del margen M de despejamiento de la primera Zona de Fresnel se tiene que:

$$M = hc - Rf1 \text{ (Ec. 19)}$$

Dónde se tiene que cumplir

$$M \geq 0 \text{ APROBADO}$$

$$M < 0 \text{ OBSTRUIDO}$$

Aplicando la Fórmula

$$M = 202.18 - 189.61 = 12.57 \text{ mts (Ec. 19)}$$

Cálculo de la atenuación producida por el obstáculo

$$v = \sqrt{2} \left(\frac{-202.18}{189.61} \right) = -1.51 \text{ (Ec. 15)}$$

Cálculo de pérdidas por difracción

$$LD(V) = 6.9 + 20 \log \left(\sqrt{(-1.51 - 0.1)^2 + 1} + -1.51 - 0.1 \right) = 9.87\text{dB (Ec. 16)}$$

2da opción de cálculo de pérdidas por difracción:

En este cálculo de pérdidas de difracción, se incluye la altura del rayo con referencia a la altura del obstáculo (incluyendo la altura por la curvatura o protuberancia de la tierra)

Sistema Móvil Aeronáutico

$$\text{Pérdidas de Tx por difracción (dB)} = 16 + 20 \log\left(\frac{hx}{Zx}\right) \quad (\text{Ec. 20})$$

$$\text{Pérdidas de Tx por difracción (dB)} = 16 + 20 \log\left(\frac{165.62}{463.70}\right) = 7.06 \text{ dB} \quad (\text{Ec. 20})$$

Pérdidas de propagación en el espacio libre

$$L = 32.40 + 20 \log(57.37) + 20 \log(118) = 109.01 \text{ dB} \quad (\text{Ec. 17})$$

Margen de desvanecimiento

$$\begin{aligned} fm &= 30 \log(57.37) + 10 \log(6 * 0.25 * 0.25 * 118) \\ &\quad - 10 \log(1 - 0.001) - 70 \quad (\text{Ec. 14}) \\ &= -0.7757 \text{ dB} \end{aligned}$$

Cálculos del Enlace Rep.KavloTilik a TiliKTanki

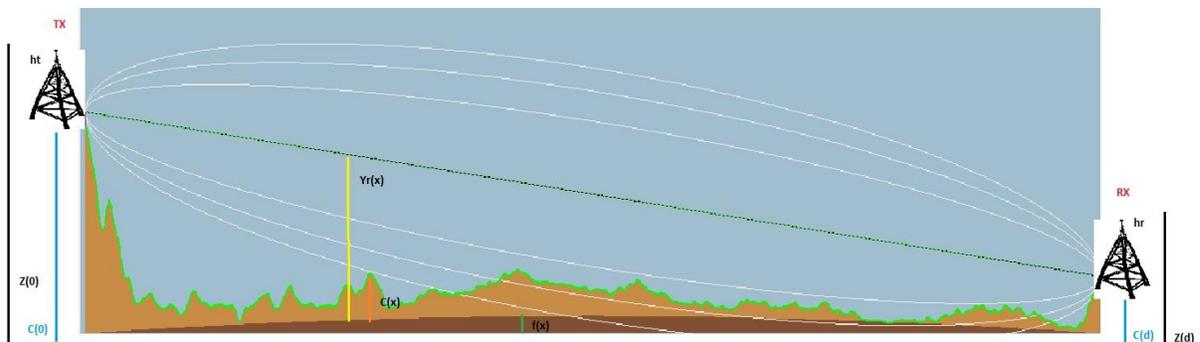


Figura 33. Enlace de la Estación Repetidora a la Estación Terminal

$Z_0 = C_0 + h_t = 620\text{mts}$	$C_x = 156\text{mts}$	$Z_d = C_d + h_r = 205\text{mts}$
$C_0 = 540\text{mts}$	$X = 14.94\text{km}$	$C_d = 165\text{mts}$
$h_t = 80\text{mts}$	$d = 53.32\text{km}$	$h_r = 40\text{mts}$

Sistema Móvil Aeronáutico

La protuberancia o curvatura de la tierra está dada por la ecuación:

Sustituyendo los valores en la ecuación de la protuberancia o curvatura de la tierra, tenemos lo siguiente,

$$bE[m] = \frac{14.94[km] * 38.38[km]}{2 * 1.33 * 8493[km]} * \frac{1000[m]}{1[km]} = 0.025 * 1000 = 25.38mts. \text{ (Ec. 8)}$$

$$f(x) = \frac{14.94 (53.32 - 14.94)}{2 * 1.37 * 8493} = 0.025 Km \text{ (Ec. 9)}$$

Por lo que la altura efectiva del obstáculo respecto a tierra $Z(x)$ será:

$$Z(x) = c(x) + f(x) = 156m + 25.38 mts = 181.38mts$$

Se calcula el radio de la primera zona de Fresnel ($Rf1$)

$$Rf1 = 548 \sqrt{\frac{(14.94)(38.38)}{(118)(53.32)}} = 165.43mts \text{ (Ec. 7)}$$

Altura del rayo

$$YR(x) = 620 + \frac{14.94}{53.32} (620 - 205) = 736.28mts \text{ (Ec. 13)}$$

Despeje de la zona de Fresnel

$$h(x) = 736.28 - 181.38 = 554.90mts \text{ (Ec. 11)}$$

$$\frac{h(x)}{R1(x)} = \frac{554.90}{165.43} = 3.35 * 100\% = 335.43\% \text{ (Ec. 12)}$$

335.43% >> 60% Hay total línea de vista.

Segunda Opción de despeje de la zona de Fresnel

Este despeje de la primera zona de Fresnel no incluye, el valor agregado de la altura de la curvatura o protuberancia de la tierra a la altura del obstáculo.

$$hc = 620 - \frac{14.94}{53.32} (620 - 205) - \frac{(14.94)(38.38)}{(2)(1.33)(8493)} - 181.38 \text{ (Ec. 10)}$$
$$= 322.31\text{mts}$$

Para el cálculo del margen M de despejamiento de la primera Zona de Fresnel se tiene que

$$M = hc - RF1 \text{ (Ec. 19)}$$

Aplicando la Fórmula

$$M = 322.31 - 165.43 = 156.88\text{mts (Ec. 19)}$$

Cálculo de la atenuación producida por el obstáculo

$$v = \sqrt{2} \left(\frac{-322.31}{165.43} \right) = -2.75\text{dB (Ec. 15)}$$

Cálculo de pérdidas por difracción

$$LD(V) = 6.9 + 20 \log \left(\sqrt{(-2.75 - 0.1)^2 + 1} + -2.75 - 0.1 \right) = 14.87\text{dB (Ec. 16)}$$

2da opción de cálculo de pérdidas por difracción:

En este cálculo de pérdidas de difracción, se incluye la altura del rayo con referencia a la altura del obstáculo (incluyendo la altura por la curvatura o protuberancia de la tierra)

$$\text{Pérdidas de Tx por difracción (dB)} = 16 + 20 \log \left(\frac{554.90}{181.38} \right) = 25.71\text{dB (Ec. 20)}$$

Pérdidas de propagación en el espacio libre

Sistema Móvil Aeronáutico

$$L = 32.40 + 20 \log(53.32) + 20 \log(118) = 108.38dB \text{ (Ec. 17)}$$

Margen de desvanecimiento

$$fm = 30 \log(53.32) + 10 \log(6 * 4 * 0.25 * 118) - 10 \log(1 - 0.001) - 70 \text{ (Ec. 14)}$$

$$= 10.31dB$$

Parámetros del radioenlace

Tabla 16. Resultados de los Cálculos Teóricos del Radio Enlace

Descripción	Valor	Ubicación	Recomendación
Zona de Fresnel	87.34 %	Base-Rep.KavloTilik	UIT P.526-8, UIT-R P.530-9 UIT-R P.525-3
Pérdidas de propagación en el espacio libre	109.01dB	Base-Rep.KavloTilik	
Pérdidas por difracción	7.06dB	Base-Rep.KavloTilik	
Margen de desvanecimiento	-0.7757dB	Base-Rep.KavloTilik	
Zona de Fresnel	335.43%	Rep.KavloTilik-TilikTanki	
Pérdidas de Propagación	108.38dB	Rep.KavloTilik-TilikTanki	
Pérdidas por difracción	25.71dB	Rep.KavloTilik-TilikTanki	
Margen de desvanecimiento	10.31dB	Rep.KavloTilik-TilikTanki	

4.4 EQUIPOS

Los equipos a utilizarse en el Radio enlace, han sido seleccionados de acuerdo a las especificaciones del Sistema Móvil Aeronáutico y a las Recomendaciones que brindan las organizaciones Internacionales mencionadas en este documento.

Equipo Transmisor - Receptor



Figura 34. IC-A220 Transceptor VHF Banda Aérea (22)

El nuevo radio A220 de Icom es ideal para la aviación aeronáutica y uso militar. Tiene la capacidad para trabajar con una separación de canal de 8.33 kHz y 25 kHz. Ofrece una pantalla grande y clara en OLED (Organic Light Emitting Diode) la cual ofrece mayor claridad en uso diurno o nocturno. Este transceptor es ideal para los radio enlaces establecidos en este proyecto ya que cumple las normativas establecidas por la ETSI EN 300 676-1.

Características del equipo

General	
Cobertura de frecuencias	118.000–136.992MHz 118.000–136.975MHz 161.650–163.275MHz
Moda	AM (6K00A3E, 5K60A3E)
Espaciamiento de frecuencias	8.33kHz/25kHz
Estabilidad de frecuencia	±5ppm

Sistema Móvil Aeronáutico

Temperatura de operación	-20°C to +55°C
Impedancia de antena	50Ω
Requerimiento de la fuente alimentación	13.8V/27.5V DC (tierra negativa)

Transmisor	
Potencia de salida	8 W tip.I (potencia de la portadora)
Emisión de espurias	-60dBc
La modulación limitante	70% (Max 98%)
Impedancia del micrófono	600Ω
Receptor	
Frecuencias intermedias	38.85MHz/450kHz (1ra/2a)
Sensibilidad	
AM	Inferior a 2μV
FM	Inferior a 1.4μV
Selectividad	
25kHz	±3kHz/±22kHz (6dB/60dB)
8.33kHz	±2.778kHz/±7.37kHz (6dB/60dB)
Rechazo de espurias	Superior a 74dBμ

ANTENA Receptora FIJA OMNIDIRECCIONAL VHFO-BA COD 0504 (23)



Figura 35. Antena receptora

La antena VHFO-BA es adecuada para el uso de la recepción de radio enlaces, ya que cumple con las especificaciones requeridas para este proyecto que son de los 118-137MHz y es muy utilizada en la navegación aérea por parte de los aeropuertos, estaciones repetidoras e instituciones privadas ya que cumple los parámetros necesarios para las señales en VHF en bajas altitudes.

CARACTERÍSTICAS ELECTRICAS	
Potencia máxima de entrada	500 Watts
Ganancia (promedio)	7.15 dBi
Diagrama	Omnidireccional
Banda de Ajuste	118-137 MHz
Impedancia Nominal	50 Ω
Polarización	Lineal (Vertical)
Conector	UHF-Hembra (SO239)

Antena transmisora Omnidireccional SD214S-F1 (24)



Figura 36. Antena Transmisora

La antena SD214S-F1 es una antena de comunicación de bandas aéreas utilizada para la transmisión de información y datos desde la torre de control, hasta la aeronave y en el uso de estaciones repetidoras. Esta antena cumple con los parámetros técnicos necesarios establecidos en el SMA.

Electrical Specifications		
Frequency Range	MHz	118 to 138
Connector		N-Male
Gain (nominal)	dBd	8
Polarization		vertical
Impedance	Ω	50
Pattern		Bi-directional
Vertical beamwidth (typ)	degrees	17
Average Input Power (max)	W	300

Filtro Pasa Banda TWPC-1405-1 (23)



Figura 37. Filtro

El filtro pasa banda TWPC-1405-1 en los sistemas de navegación aérea nos permitirá establecernos en la frecuencia de señal deseada en el ancho de banda determinado para el radio enlace que se desea implementar y atenuara todas las señales fuera del ancho banda necesario. Este filtro trabaja en las frecuencias VHF y cumple las especificaciones técnicas establecidas en el documento de la ETSI EN 300 676-1

COMMON SPECIFICATIONS	
Tuning frequency range	118-148 MHz
Nominal impedance	50 ohms
VSWR at resonance (max)	1.5:1
Input power (max) vs. insertion loss	0.5 dB - 350 watts, 1 dB - 250 watts, 2 dB - 150 watts
Temperature range	-30°C to +70°C
Cavity electrical length	¼ wavelength
Outer conductor, end plates	6061-T6 aluminum
Inner conductor, coupling loops	Silver plated copper
Tuning rod	Invar
Contactors, fingerstock	Beryllium copper
Cavity dimensions (Diam. x H) in. (cm)	5 x 30 (13 x 76)
Connectors	N or UHF female (opt.)
Finish	Gray acrylic enamel

12D-FB cable coaxial (25)



Figura 38. Cable Coaxial

Este tipo de cableado coaxial es utilizado para el envío de datos desde transmisor hacia la antena a través de las señales eléctricas de alta frecuencia ya que posee una alta resistencia a la corrosión tanto climática, como por desgaste de tiempo o uso.

Electrical & Mechanical Characteristics		
Impedance	50±3 Ohm	
Nominal capacitance	83 pF/m	
Velocity of propagation	81%	
Insulation resistance	>5000 Mohm.Km	
Inner conductor resistance	1.2(1.8) Ohm/Km	
Outer conductor resistance	4.5 Ohm/Km	
Operating temperature range	-40°C - +85 °C	
Min.bending radius	78 mm	
Screening effectiveness	>90 dB	
Return loss	>20 dB	
Atenuación		
Frequency(MHz)	Attenuation (dB/100 m)	Attenuation (dB/100 ft)
100	2.7	0.8
150	3.6	1

4.5 Presupuesto estándar para la instalación del Radio Enlace.

Los precios estipulados en el siguiente presupuesto, fueron tomados de los catálogos de los distintos proveedores internacionales, en caso de que estos proveedores no posean co-distribuidores en el país, los precios pueden variar debido a costos de envíos e impuestos de desaduanaje.

Tabla 17. Precios de los equipos a utilizar

Cant.	Equipos	Costo Unitario
1	IC-A220 Transceptor VHF Banda Aérea	\$2,169.00
1	Antena VHF Omnidireccional VHFO-BA COD 0504	\$350.00
1	SD214S-F1 Antena Sinclair	\$2,649.00
1	Filtro Pasa Banda TWPC-1405-1	\$549.00
1000	12D-FB cable coaxial	\$3.00

Tabla 18. Precio de la caseta de Hormigón que se construirá

Cant.	Caseta	Costo Unitario
1	Gasto de transporte	\$ 2,000.00
1	Suministros (Cemento, adoquines, etc...)	\$ 10,000.00
1	Instalación de la caseta en la ubicación establecida	\$ 20,000.00
1	Instalación de interiores (puertas, ventanas, etc....)	\$ 5,000.00

Tabla 19. Precio de la instalación de la conexión al sistema eléctrico

Cant.	Acometida eléctrica	Costo Unitario
100	Línea subterránea de BT (más de 100 mts)	\$ 100.00
1	Suministro material (conectores, pines cortadoras, etc....)	\$ 5,000.00
1	Instalación y puesta en funcionamiento	\$ 10,000.00
1	Tubos de protección	\$ 2,000.00
1	arquetas de registro	\$ 5,000.00

Tabla 20. Costo de los equipos necesarios para medidas de seguridad

Cant.	Prevención de riesgo	Costo Unitario
3	Acondicionamiento de emplazamiento existente	\$ 1,250.00
5	Escaleras de seguridad	\$ 100.00
2	Barandillas	\$ 200.00
3	Caminos de acceso	\$ 1,000.00
5	Cables de vida	\$ 500.00

Tabla 21. Costo del sistema de Aires acondicionados

Cant.	Aire acondicionado	Costo Unitario
1	suministro de máquina de aire acondicionado	\$ 4,500.00
1	Instalación	\$ 500.00

Tabla 22. Costo de la instalación del sistema eléctrico interno de la caseta.

Cant.	Cuadro eléctrico	Costo Unitario
1	Suministro de equipo de cuadro eléctrico	\$ 3,000.00
1	Instalación	\$ 1,000.00

Tabla 23. Costo de la instalación del sistema de seguridad.

Cant.	panel de alarmas	Costo Unitario
1	suministro de equipo de panel de alarmas	\$ 1,000.00
1	Instalación	\$ 250.00

Tabla 24. Costo de la torre que se instalara.

Cant	Torre de antena	Costo Unitario
1	Torre Auto-soportada 80 mts	\$ 100,000.00
1	materiales de torre (pernos, barras de soldadura, etc....)	\$ 50,000.00
1	Instalación	\$ 1,300.00
1	Cimientos de torre(costo por m^3)	\$2,500.00

Tabla 25. Costo estimado del proyecto

Cant.	Costo Total	Costo Unitario	Sub-Total
3	Equipos	\$ 8,717.00	\$ 26,151.00
3	Caseta	\$ 37,000.00	\$ 111,000.00
3	Acometida eléctrica	\$ 32,000.00	\$ 96,000.00
3	Prevención de riesgo	\$ 10,150.00	\$ 30,450.00
3	Aire acondicionado	\$ 5,000.00	\$ 15,000.00
3	Cuadro eléctrico	\$ 4,000.00	\$ 12,000.00
3	Torre de antena	\$ 153,800.00	\$ 461,400.00
3	panel de alarmas	\$ 1,250.00	\$ 3,750.00
	TOTAL		\$ 755,751.00

Conclusiones

Durante el desarrollo de este proyecto monográfico se logró abarcar las especificaciones, normativas, reglamentos, funcionalidad e importancia del Sistema Móvil Aeronáutico y se logró realizar la simulación de un Radio Enlace entre los puntos KAVLO y TANKI, ubicado en la Ruta Aeronáutica de Managua a Puerto Cabezas, esto con la finalidad de mejorar la comunicación Tierra/Aire en la Zona Norte del País, para la seguridad de los vuelos en las rutas nacionales.

El Radio Enlace fue simulado en la zona Norte, se tomó como referencia está ubicación basándonos en la transmisión máxima del Transmisor de Managua y del Transmisor de Puerto Cabezas, así como el Punto de Transferencia de comunicación llamado TILIK (Punto Crítico), de acuerdo a la carta aeronáutica publicado en el AIP del INAC, donde se muestra la ubicación y la capacidad de los Transmisores Principales.

Con el desarrollo de este proyecto, deseamos aportar al 5.91% faltante, para ser uno de los principales países en seguridad de navegación aérea y comunicación. En el corriente año la OACI brindó a Nicaragua el reconocimiento por cumplir en un 94.09% las normas y recomendaciones internacionales para un tráfico aéreo seguro. El enfoque de este documento por mejorar la comunicación T/A en bajas altitudes es para evitar comprometer la seguridad de los vuelos, y mantener un sistema estable y seguro de comunicación, ante el respectivo crecimiento de la demanda de tráfico aéreo de la República de Nicaragua. (26)

Bibliografía

1. Juárez Blandón, Bayardo Josué y Vivas Blandón, José Antonio. *Diseño de radioenlace multipunto para proporcionar internet a 5 escuelas del municipio Wiwilí-Nueva Segovia*. 2018.
2. *Ley General de Aeronáutica Civil No.595*. 2006.
3. *Publicaciones del INAC sobre las Regulaciones Técnicas Aeronáuticas (RTA)*,.
4. Espectro de Frecuencia del Sistema Móvil Aeronáutico y Registro del permiso para enlaces microondas a nombre de Empresa Administradora de Aeropuertos Internacionales (EAAI).
5. *OACI, Anexo 10 Volumen 5 de Radiofrecuencias Aeronáuticas, Tabla 4-1 de adjudicación*. Vols. RTA - 02 - Reglas del Aire.
6. Aleman, Luiz. *Sistemas Aeronauticos*. [entrev.] Elias Herrera Luz Marlee.
7. AIP. *Informacion aeronautica de Nicaragua*.
8. pág. www.flightradar24.com.
9. Campo Electrico Magnetico. [En línea] <http://hydrogen.physik.uni-wuppertal.de/hyperphysics/hyperphysics/hbase/emwav.html>.
10. Propagacion de ondas. [En línea] fisicaparaelaula.blogspot.com.
11. Radio Enlace terrestres. [En línea] http://www.redtauros.com/Clases/Medios_Transmision/04_Radioenlaces_Terrestres_Microondas_.pdf.
12. westsidetutoring. [En línea] <http://westsidetutoring.com/earth-science-geology-and-physical-geography-tutoring/>.
13. Manual CIATA. s.l. : INAC.
14. ETSI EN 300 676-1. pág. 43.
15. OACI Anexo 10 Vol 2. *Telecomunicaciones Aeronauticas*.
16. Propagacion de ondas terrestres. [En línea] <http://radiocomunicacionestec.blogspot.com/2013/07/propagacion-en-linea-recta-o-de-alcance.html>.
17. Radio enlaces. [En línea] <http://www.radioenlaces.es/articulos/correccion-de-la-altura-de-los-obstaculos/>.

18. Curvatura K. [En línea]
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-07052014000200001.
19. Fresnel. [En línea] <https://www.prored.es/blog/radio-enlace/zonas-de-fresnel-en-un-radioenlace/>.
20. mapas Puntos geograficos. [En línea] <https://www.google.com/maps>.
21. Radio movile.
22. Icom . *Icomamerica*. [En línea]
<http://www.icomamerica.com/es/products/avionics/panelmount/a220/default.aspx>.
23. Syscom. [En línea] <https://www.syscom.mx/producto/TWPC-1405-1-TELEWAVE,-INC-33663.html>.
24. Sinclair. [En línea]
<http://www.sinclairtechnologies.com/catalog/product.aspx?id=1697>.
25. Caledonia. [En línea] http://www.caledonian-cables.co.uk/Coaxia_Cable/50Ohm%20RF/12D-FB.html.
26. INAC. págs. <http://www.inac.gob.ni/2018/09/indra-contribuye-al-exito-del-instituto-de-aeronautica-civil-de-nicaragua-oaci-situa-al-pais-entre-los-diez-primeros-del-mundo-en-seguridad-aerea/>.
27. Jotron . *Jotron Group*. [En línea] <https://www.jotron.com/Artikkel/VHF-AM-Mobile-Radio/TR-810/10002984.php>.
28. Dipole Antenas. [En línea] <http://antennaproducts.com/aviation/vhf-uhf-ground-to-air/vertical-dipole/>.
29. Espectro Radioelectrico. [En línea] [slideshare.net](https://www.slideshare.net).
30. Bandas de Frecuencias. [En línea] [Monografias.com](https://www.monografias.com).
31. Bandas de Frecuencias. [En línea] [Monografias.com](https://www.monografias.com).
32. Radio Enlaces. s.l. : Radioenlaces.es.
33. OACI Vol 5 . *radiofrecuencias Aeronauticas*.
34. Union Internacional de Telecomunicaciones. [En línea] <https://www.itu.int/rec/R-REC-SM.326/es>.
35. Tabla de tolerancias de frecuencia de transmisores. [En línea]
https://ea8nq.ure.es/rr/ap02_e.htm.

Anexos

Cuadro de atribución de Frecuencia para el Servicio Móvil Aeronáutico en el territorio Nacional. (Telcor)

Rango de: 118 Mhz a 137

Página 1 de 1

Banda	Nacional
De 117.975Mhz a 137Mhz	MÓVIL AERONÁUTICO.
De 137Mhz a 137.025Mhz	OPERACIONES ESPACIALES, METEOROLOGÍA POR SATÉLITES, MÓVIL POR SATÉLITE, INVESTIGACIÓN ESPACIAL, Fijo, Móvil. Notas: N88, N89.

Página 1 de 1

Cuadro de Atribución de Frecuencias

Móvil Aeronáutico

Página 1 de 1

Banda	Nacional
De 200Khz a 285Khz	RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA, Móvil Aeronáutico.
De 325Khz a 405Khz	RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA, Móvil Aeronáutico.
De 405Khz a 415Khz	RADIONAVEGACIÓN, Móvil Aeronáutico.
De 3025Khz a 3155Khz	MÓVIL AERONÁUTICO. Notas: N22.
De 3400Khz a 3500Khz	MÓVIL AERONÁUTICO. Notas: N20.
De 4650Khz a 4700Khz	MÓVIL AERONÁUTICO. Notas: N20.
De 4700Khz a 4750Khz	MÓVIL AERONÁUTICO.
De 5450Khz a 5480Khz	MÓVIL AERONÁUTICO. Notas: N22.
De 5480Khz a 5680Khz	MÓVIL AERONÁUTICO. Notas: N22, N30.
De 5680Khz a 5730Khz	MÓVIL AERONÁUTICO. Notas: N22.
De 6525Khz a 6685Khz	MÓVIL AERONÁUTICO. Notas: N20.
De 6685Khz a 6765Khz	MÓVIL AERONÁUTICO. Notas: N22.
De 8815Khz a 8965Khz	MÓVIL AERONÁUTICO. Notas: N20.
De 8965Khz a 9040Khz	MÓVIL AERONÁUTICO. Notas: N22.
De 10005Khz a 10100Khz	MÓVIL AERONÁUTICO. Notas: N20.
De 11175Khz a 11275Khz	MÓVIL AERONÁUTICO. Notas: N22.
De 11275Khz a 11400Khz	MÓVIL AERONÁUTICO. Notas: N20.
De 13200Khz a 13260Khz	MÓVIL AERONÁUTICO. Notas: N22.
De 13260Khz a 13360Khz	MÓVIL AERONÁUTICO. Notas: N21.
De 15010Khz a 15100Khz	MÓVIL AERONÁUTICO. Notas: N22.
De 17900Khz a 17970Khz	MÓVIL AERONÁUTICO. Notas: N20.
De 17970Khz a 18030Khz	MÓVIL AERONÁUTICO. Notas: N22.
De 21924Khz a 22000Khz	MÓVIL AERONÁUTICO. Notas: N20.
De 23200Khz a 23350Khz	FIJO, MÓVIL AERONÁUTICO. Notas: N22.
De 117.975Mhz a 137Mhz	MÓVIL AERONÁUTICO.

Página 1 de 1

Equipos Extras

Torres Auto soportadas

✚ Estructura

Las torres y mástiles de telecomunicaciones son estructuras artificiales diseñadas para soportar antenas para labores de radiodifusión y telecomunicaciones. Desde el punto de vista de su soporte, hay dos tipos: auto soportado y arriostrada. Algunos están entre las estructuras más altas que se han construido.

El diseño de torres de telecomunicaciones se analizara en base a la norma ANSI/TIA-222G debido que describe los requisitos para el diseño estructural y la fabricación de torres estructurales nuevas, así como para la modificación de torres estructurales existentes, además de requisitos para el diseño estructural, la fabricación y la modificación de las estructuras, soportes, componentes estructurales, cables aislantes y cimentaciones que soportan la antena.

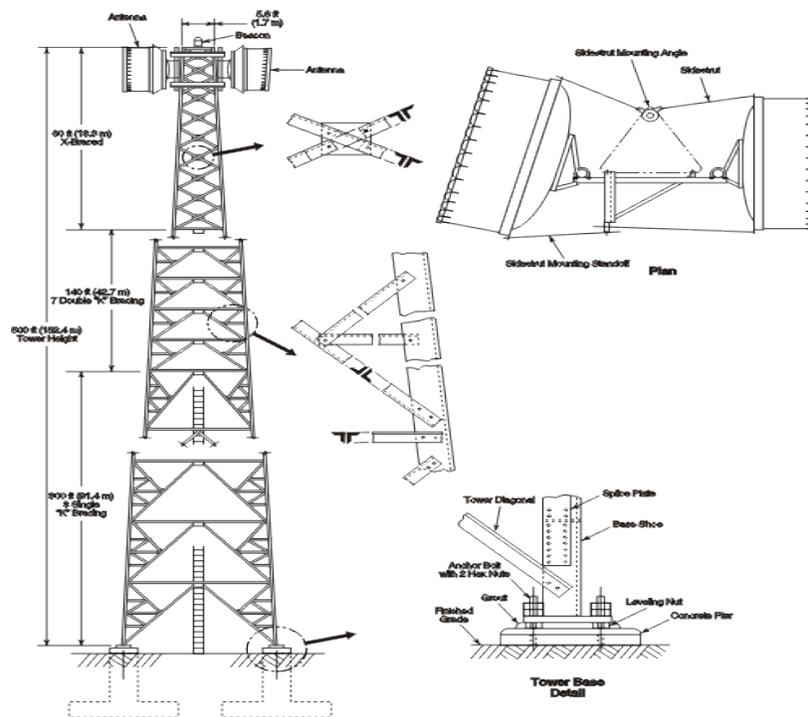
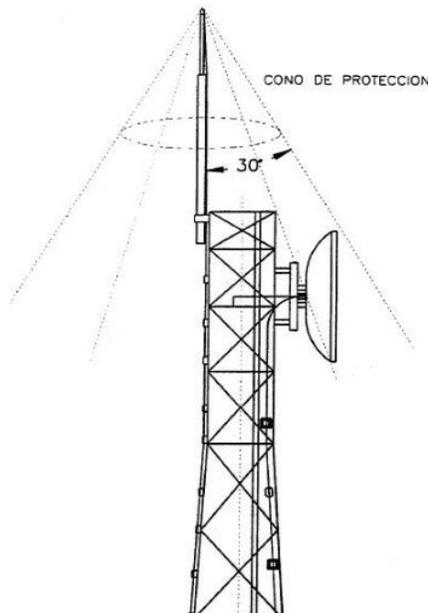


Diagrama de Diseño de Torre Auto soportada

✚ Sistema de Protección

Sistema de pararrayos

La protección contra descargas eléctricas atmosféricas en las torres se efectúa mediante la colocación del pararrayos en la cúspide de la misma y un cable a lo largo de toda la longitud de la torre hasta tierra. Es importante una correcta protección ya que es posible de que una descarga eléctrica atmosférica impactase en la torre, el pararrayos ha de conducir la mayoría de la corriente hacia tierra y reducir al máximo el impacto sobre los equipos de trasmisión o recepción.



Sistema de pararrayos y su cono de protección.

La instalación de pararrayos deberá estar acorde a la estructura de edificio, evaluándose en cada caso características relacionadas con el mismo (equipos asociados). La instalación se ajustaría a la norma IRAM 2184.

Deberá tenerse en cuenta entre otras cosas:

- Dimensiones del edificio.
- Puntos más vulnerables del edificio
- Forma e inclinación del techo.
- Altura de las antenas.
- Elementos metálicos existentes a nivel de techo: ductos de aire acondicionado, escaleras de cables, etc.

Sistema Móvil Aeronáutico

- Disposición de cañerías de agua, eléctricas, etc.

Marcas de equipos utilizados en el Ámbito Aeronáutico en Nicaragua

