

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRONICA Y
TELECOMUNICACIONES**



**DISEÑO DE UNA PLANTA DE RETRANSMISIÓN DE TELEVISIÓN CON
SISTEMA NTSC PARA EL DISTRITO DE SAN MIGUEL DE ACOS,
HUARAL, LIMA.**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES

PRESENTADO POR EL BACHILLER

ROMERO PLACENCIA, ANTONIO MIGUEL

Villa El Salvador
2017

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres por la fe que tienen en mí y por su vida de amor y sacrificio

AGRADECIMIENTO

Agradezco a las amistades que me animaron a realizar el presente trabajo, dando fe que el optimismo y la confianza son la base del éxito.

INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
INDICE DE CONTENIDOS.....	iv
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABLAS.....	x
INTRODUCCIÓN.....	11
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
1.1 Descripción de la Realidad Problemática.....	12
1.2 Justificación del Problema.....	13
1.3 Delimitación del Proyecto.....	14
1.3.1 Espacial.....	14
1.3.2. Conceptual.....	14
1.3.3 Temporal.....	14
1.4 Formulación del Problema.....	15
1.4.1 Problemas Generales.....	15
1.4.2 Problemas Específicos.....	15
1.5 Objetivos.....	15
1.5.1.Objetivo General.....	15
1.5.2.Objetivos Específicos.....	16
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	17
2.1 Antecedentes de la investigación.....	17
2.1.1 Antecedentes nacionales.....	17
2.1.2. Antecedentes internacionales.....	19
2.2 Bases Teóricas:.....	21
2.2.1 Campos Eléctrico y Magnético.....	21
2.2.1.1 Campo Eléctrico.....	21
2.2.1.2. Campo Magnético.....	21
2.2.1.3 Campo Electromagnético.....	21
2.2.2. Partes de la señal de video compuesto.....	22
2.2.2.1 Exploración horizontal y vertical.....	22
2.2.2.2 Frecuencia de cuadro y campo.....	23
2.2.2.3 Número de líneas y resolución del sistema NTSC.....	23

2.2.2.4 Frecuencia de exploración horizontal y vertical.....	24
2.2.2.5 Sincronía horizontal y vertical	26
2.2.2.6 Borrado horizontal y vertical	28
2.2.2.7 Formas de onda.....	30
2.2.3 Funcionamiento de una repetidora de TV.....	31
2.2.4 Cálculos.....	32
2.2.5 LNB (Low Noise Block) Bloque de Bajo Ruido.....	32
2.2.6 Banda Ku.....	33
2.3 Marco Conceptual.....	33
2.3.1 Antenas.....	33
2.3.1.1 Ganancia de una antena.....	33
2.3.1.2 Patrón de radiación de una antena.....	34
2.3.1.3 Potencia efectiva radiada (P.E.R).....	35
2.3.2 Principio de Huygens.....	35
2.3.3 Propagación de señales electromagnéticas.....	35
2.3.3.1 La atenuación en el espacio libre.....	35
2.3.3.2 La Refracción.....	38
2.3.3.3 Radio efectivo de la Tierra.....	41
2.3.3.4 La Difracción.....	42
2.3.3.5 Difracción “filo de cuchillo”.....	42
2.3.3.6 Zona de Fresnel.....	44
2.3.3.7 La conductividad del terreno.....	45
2.3.3.8 La reflexión electromagnética.....	46
2.3.4 Área de Cobertura	47
2.3.5 Nivel de señal esperado (NSE).....	47
2.3.6. Angulo Horizontal de Radiación (Azimut).....	47
2.3.7 Angulo vertical de radiación.....	48
2.3.8 Factor de radiación sobre los planos horizontal o vertical.....	48
2.3.9 Patrón de radiación horizontal o vertical.....	48
2.3.10 Factor de irregularidad del terreno (Δh).....	49
2.3.11 Comunidad principal.....	49
2.3.12 Servicio de grado A.....	49
2.3.13 Servicio de grado B.....	50
2.3.14 Angulo de inclinación del terreno	50

2.3.15 Métodos para el cálculo de cobertura.....	51
2.3.15.1 Método de Okumura.....	52
2.3.15.2 Método de Okumura – Hata.....	56
2.3.15.3 Método propuesto por la UIT.....	57
2.3.15.4 Método de la FCC.....	60
2.3.15.5 Modelo Cost 231 (extensión del método Hata).....	65
2.3.15.6 Método de Xia.....	66
2.3.16 Interferencia.....	68
2.3.16.1 Interferencia cocanal.....	68
2.3.16.2 Interferencia por canal adyacente.....	68
2.3.17 Enlace satelitales.....	68
2.3.17.1 Modelos de enlace del sistema satelital.....	70
2.3.17.1.1 Modelo de subida.....	70
2.3.17.1.2 El transponder.....	71
2.3.17.1.3 Modelo de bajada.....	72
2.3.18 Fibra óptica.....	72
2.3.18.1 Fibra monomodo.....	73
2.3.18.2 Fibra multimodo.....	74
2.3.19 Enlace microondas.....	74
2.3.19.1 Factores que determinan el alcance de la señal de microondas.....	75
2.3.19.2 Factores que influyen en el rendimiento del enlace.....	76
2.3.20 Factores que se deben tomar en cuenta al elegir un medio de transmisión para una red.....	76
2.3.21 Diversidad.....	77
2.3.21.1 Diversidad espacial.....	77
2.3.21.2 Diversidad por polarización.....	77
2.3.21.3 Diversidad de frecuencia.....	78
2.3.22 Espectro radioeléctrico.....	78
2.3.23 Antena Parabólica de Recepción.....	80
2.3.23.1 Antena parabólica de foco primario.....	80
2.3.23.2 Antena Parabólica Offset:.....	81
2.3.23.3 Antena parabólica Cassegrain.....	81
2.3.23.4 Antenas planas.....	82
2.3.24 Potencia Radiada Efectiva (E.R.P por sus siglas en ingles).....	84

2.3.25 Receptor de Satélite.....	84
2.3.26 Sistema Satelital Intelsat.....	85
2.3.27 Transmisor de TV.....	86
2.4 Criterio de la Investigación.....	86
CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL PROYECTO.....	87
3.1 Ubicación de la planta retransmisora.....	87
3.2 Pruebas con simulación de Radiación.....	87
3.3 Elementos necesarios para la puesta en marcha del sistema.....	90
3.3.1 Transmisor de TV VHF.....	90
3.3.2 Receptor de Satélite.....	91
3.3.3 Antena Parabólica.....	91
3.3.4 Antenas de Transmisión.....	92
3.4 Puesta en marcha del sistema.....	93
3.5 ¿Cómo verificar el estado operativo del sistema?.....	97
CAPITULO IV.....	98
CONCLUSIONES.....	98
RECOMENDACIONES.....	99
BIBLIOGRAFIA.....	100
ANEXO 1.....	103
ANEXO 2.....	104
ANEXO 3.....	105

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Cómo se efectúa la exploración lineal horizontal.....	22
Figura 2. Exploración horizontal y vertical.....	26
Figura 3. Tiempo de sincronía horizontal.....	27
Figura 4. Tiempo de sincronía vertical.....	27
Figura 5. Borrado horizontal.....	29
Figura 6. Borrado vertical.....	30
Figura 7. Impulsos de sincronismo.....	31
Figura 8. Patrones de radiación de Antenas.....	34
Figura 9. Ondas electromagnéticas sufriendo curvatura por refracción.....	40
Figura 10. Definición del signo de despeje.....	43
Figura 11. Atenuación por filo de cuchillo.....	43
Figura 12. Gráfico de la Primera Zona de Fresnel.....	45
Figura 13. Factor atenuación promedio al espacio libre Amu.....	53
Figura 14. Factor de corrección para zona abierta.....	55
Figura 15. Factor de corrección para zona suburbana.....	55
Figura 16. Curvas de intensidad de campo para el método UIT.....	58
Figura 17. Intensidad de campo eléctrico (dB(μ V/m)) para una zona urbana.....	59
Figura 18. Curvas F(50,50) para los canales VHF del 2 al 6.....	62
Figura 19. Curvas F(50,50) para los canales VHF del 7 al 13.....	63
Figura 20. Curvas F(50,50) para los canales VHF del 14 al 69.....	64
Figura 21. Modelo geométrico y parámetros asociados del Método de Xia.....	67
Figura 22. Diagrama de Bloques de la sección de subida de un satélite.....	71
Figura 23. Diagrama de Bloques del Transponder de un satélite.....	71
Figura 24. Diagrama de Bloques de la sección de bajada de un satélite.....	72
Figura 25. Diagrama de Bloques de un sistema de comunicación óptico.....	73
Figura 26. Radio enlace con estación repetidora.....	75
Figura 27. División de regiones establecida por la UIT.....	79
Figura 28. Forma en que la luz incide en la parabólica de foco primario.....	80
Figura 29. Antena Offset.....	81
Figura 30. Antena Cassegrain, con dos reflectores.....	82

Figura 31. Antena Parabólica ubicada en San Miguel de Acos	83
Figura 32. Distribución de Satélites Intelsat sobre la superficie terrestre.....	85
Figura 33. Visita satelital de San Miguel de Acos. La “X” señala el punto donde esta la planta.....	87
Figura 34. Simulación de Radiación a 50w en San Miguel de Acos.....	88
Figura 35. Detalle de simulación de Radiación a 50w en San Miguel de Acos....	89
Figura 36. Calculadora para los ángulos de azimut y elevación.....	95
Figura 37. Resultados calculo azimuth y ángulo	96
Figura 38. Ajustando la potencia de recepción. Pantalla concretada al receptor de satélite.....	97

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Espectro de Frecuencias de Microondas	75
Tabla 2. División del espectro radioeléctrico.....	78
Tabla 3. Comparación de Transmisores FM	90
Tabla 4. Comparación de receptores de satélite	91
Tabla 5. Comparación de Antenas Parabólicas	92
Tabla 6. Comparación de Antenas de Transmisión	92

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se refiere a la instalación y configuración de una repetidora de Televisión Analógica en una comunidad rural, como lo es San Miguel de Acos, ubicada en la provincia de Huaral, al norte de Lima. Dado que es una comunidad alejada, la manera más práctica para dar el servicio allí es aprovechando la señal vía Satélite, que cubre la totalidad del territorio nacional.

Se vio necesario cubrir la necesidad de hacer llegar la señal de Televisión Nacional a esta comunidad ya que la información forma ciudadanía y contribuye a integrar a los ciudadanos del país.

Como primer paso para comunicar a esta comunidad con el resto del país, se opta como primer paso hacerles llegar la señal de Televisión de TV Perú, ya que la mayoría de habitantes puede usar un receptor de televisión de bajo costo. Conforme se desarrolle la comunidad en un futuro próximo se podrá hacer llegar la señal de Internet.

El objetivo de este trabajo es la descripción técnica del proceso de configuración de la repetidora de Televisión para el distrito de San Miguel de Acos. Como resultado, tenemos el procedimiento para que la referida comunidad cuente con el servicio de Televisión Pública.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la Realidad Problemática

El Distrito de San Miguel de Acos, ubicado en la provincia de Huaral, Lima, es una de las tantas comunidades rurales en el Perú que necesita tener un medio de comunicación para informarse sobre los acontecimientos en el país y el mundo.

Los habitantes de este distrito se dedican en su mayor parte a la agricultura y en menor medida a la ganadería. Como ciudadanos, tienen el derecho a contar con un medio de información en tiempo real sobre los sucesos políticos, económicos sociales y culturales del Perú ya que esto los integra a la ciudadanía. Sin embargo, en el campo, constatamos que no existe en esta localidad un servicio de televisión en señal abierta. Tampoco hay presencia de servicios de cable o del tipo DIRECT TV.

Si bien en estos tiempos es el internet el medio cuya difusión está creciendo a pasos agigantados, la televisión, por ser fácil de sintonizar sigue siendo el medio masivo con más alcance a las mayorías.

Por esto se propone el diseño de una retransmisora de TV con el equipamiento adecuado, ubicada en la comunidad para retransmitir hacia la misma, la programación del canal TV Perú del INSTITUTO DE RADIO Y TELEVISION DEL PERU, que es la empresa que financia este proyecto, en función a su objetivo de llegar a todas las localidades del país.

El último censo de población y vivienda 2007 señala que en la localidad hay 228 viviendas de las cuales, 193 disponen de alumbrado eléctrico y por lo tanto, si pueden disponer de un receptor de TV.

1.2 Justificación del Problema

El medio de información más difundido y con alcance a mayor cantidad de público es la Radio y Televisión de Señal Abierta debido a que tienen acceso a ellos personas de menores recursos económicos.

La consecuencia social de tener acceso a un canal de televisión con contenido informativo y cultural es una integración de la comunidad al resto de la nación.

Lo que se propone en este trabajo es la instalación y puesta en marcha de un sistema retransmisor de Radio y Televisión de señal abierta, que tomará la señal de la Emisora (TV PERU) y lo retransmitirá a los receptores de Televisión existentes en la comunidad. Se incluye también la señal de radio FM de Radio Nacional del Perú, la misma que podrá ser sintonizada incluso desde radios a pilas portátiles de bajo coste.

Según el último censo de Población y Vivienda (INEI, 2018), la población en San Miguel de Acos ascendía a 648 habitantes, quienes serán los beneficiados con esta señal.

1.3 Delimitación del Proyecto.

1.3.1 Espacial.

Se ubicará en la localidad distrital de Acos, en la zona destinada para tal fin en la zona más alta de la ciudad, en un local propiedad de uno de los regidores del Distrito. Se dispone de un patio amplio y una habitación de material noble donde se pueden instalar los equipos.

Elevación: 1.576 m

Superficie: 48,16 km²

Coordenadas: 11°16'25.72"S 76°49'10.86"O

1.3.2. Conceptual

Se implementará solo la señal análoga sistema NTSC. No se incluirá señal digital ya que los habitantes del lugar aún no cuentan con receptores digitales.

Se dará cobertura de Televisión a toda el área de la comunidad de San Miguel, usando la banda analógica de Televisión VHF (30 – 300 MHz).

La señal retransmitida será recepcionada a través de un receptor satélite.

1.3.3 Temporal

El proyecto está planeado para iniciar su implementación en Setiembre 2017 y culminar, incluyendo las pruebas necesarias en enero de 2018.

1.4 Formulación del Problema

La comunidad de Acos no cuenta con ningún servicio de Radiodifusión, sea de TV o de radio, por lo que se propone implementar para ella una repetidora de TV.

1.4.1 Problemas Generales

¿Cómo diseñar una Planta de Retransmisión de TV en señal abierta para la comunidad?

1.4.2 Problemas Específicos

Problema Específico 1: ¿Cómo diagnosticar los requerimientos de una estación de televisión en señal abierta para la comunidad?

Problema Específico 2: ¿Cómo analizar los factores técnicos para la puesta en marcha de la planta televisora?

Problema Específico 3: ¿Cómo describir la infraestructura requerida para la estación de televisión?

Problema Específico 4: ¿Cómo establecer la interconexión entre el satélite y los receptores de la comunidad?

Problema Específico 5: ¿Cómo diseñar una estación de televisión en señal abierta para la comunidad?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Proponer el diseño de una estación de televisión en señal abierta difundiendo su señal para el distrito de San Miguel de Acos, Huaral, Lima

1.5.2. Objetivos Específicos

- ✓ Diagnosticar los requerimientos de una estación de televisión en señal abierta para el distrito de San Miguel de Acos, Huaral, Lima
- ✓ Analizar los factores técnicos para la puesta en marcha de la planta televisora
- ✓ Describir la infraestructura requerida para la estación de televisión
- ✓ Establecer la interconexión entre el satélite y los receptores de la comunidad
- ✓ Diseñar una estación de televisión en señal abierta para la comunidad.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

Existen pocos trabajos planteados sobre la televisión análoga. Los siguientes señalados sirven como base para desarrollar algunos aspectos teóricos.

2.2.1 Antecedentes nacionales

(Matos Párraga, 2012) Diseño de una red de acceso para el negocio de televisión por paga para el área rural usando la Televisión Digital Terrestre.

En esta Tesis se investiga la viabilidad de implementar un servicio de Televisión para el campo a través de la TDT.

Como ventajas, señala las características de la tecnología TDT, que permite una gran versatilidad en cuanto a la distribución, a la administración de contenidos, etc. Permite un mayor número de canales para ofertar, además de lo novedoso del sistema.

Sin embargo, para esta clase de sistema, la rentabilidad está directamente asociada a la cantidad de usuarios finales que tendría el sistema. Y en este caso, tras revisar el número de potenciales usuarios en el sector rural, se concluye que una TDT de paga para el sector rural no es sostenible para un período de diez años.

(Bozzeta Valdivia, 2011) presentó un trabajo titulado Diseño de un Sistema Receptor de Televisión Vía Satélite para zonas rurales en el Departamento de Cajamarca a través del cual llegó a las siguientes conclusiones:

“En primer lugar, el diseño del sistema receptor de televisión en base al TVRO cumple con los requerimientos necesarios al poder recibir la frecuencia

adecuada de TV Perú y estar correctamente orientado al satélite que la emite según las normas y fórmulas planteadas para esto superando así el problema debido al terreno, es decir a la falta de línea de vista para recepción VHF de televisión.

En segundo lugar, Los equipos que se usen en este tipo de diseños deben estar seleccionados para soportar temperaturas por debajo de los 0°C y altura sobre los 4000msnm con lo cual se consigue que funcionen en cualquier lugar de Cajamarca y en prácticamente cualquier lugar de Perú, de lo contrario estos no funcionarían correctamente o simplemente se malograron debido a la presión por la altura o a lo frío del clima.

Asimismo, las antenas y torres de retransmisión deben ser muy estables frente a cualquier eventualidad del clima debido a que el desgaste originaría emisiones defectuosas, además se requiere un sistema de protección de descargas como un pararrayos con pozo a tierra que garantice que el equipo perdurará ante cualquier descarga atmosférica.

Por otra parte, los equipos que se empleen en el diseño de sistemas de comunicación de este tipo (sistema retransmisor de TV en VHF) deben seleccionarse de acuerdo a las normas nacionales y con equipos homologados por el MTC para garantizar buenos funcionamientos y comunicaciones en bandas legalizadas, y así no afectar señales provenientes de otras fuentes.

Finalmente, para efectos de diseño se debe considerar un factor de calidad no menor a 16dB/°K según norma del CCIR para que la señal recibida tenga buena calidad aun después de la retransmisión.”

2.2.2. Antecedentes internacionales

(BOLIVIATV, 2009) en su informe titulado Diseño e Implementación de Canal 7 Regional Santa Cruz para Ampliación de Cobertura a Zonas Rurales Y De Interés Social, concluye:

“ Que el alcance de la señal emitida por la nueva Planta de Bolivia TV del Urubó, cumple con lo planificado y calculado con anterioridad a la instalación de dicho sistema de transmisión.

Que la apreciable mejora de la calidad de la señal recibida dentro del radio urbano de la ciudad de Santa Cruz justifica plenamente la inversión realizada en la instalación del nuevo sistema de transmisión.

Que en función del análisis de los datos obtenidos en este trabajo, podemos asegurar que nuestra señal es la de mayor calidad en esta ciudad, dándonos una gran ventaja respecto a los principales canales privados en la banda III de VHF, respecto a los canales en banda I de VHF esta banda de frecuencia tiene una seria desventaja por su baja frecuencia y no representaría una seria competencia en materia de niveles de intensidad de campo.”

(Fuentes Triana , 2009) en su proyecto Creación de un Canal de Televisión ESPOL TV para Guayaquil desarrolló un estudio técnico, de mercado y económico para crear un canal de Televisión.

Entre sus motivaciones, señala la necesidad de contar con un canal que emita contenidos culturales y no solo comerciales.

Se describe que se realizó un estudio de mercado para evaluar cuáles son las preferencias del público y así poder conocer cómo cumplir el objetivo de contribuir a incrementar el nivel cultural de su ciudad.

Se hace también un estudio de factibilidad financiera que establece los montos de las inversiones en los equipos técnicos primero y en los costos de producción posteriormente.

2.2 Bases Teóricas:

2.2.1 Campos Eléctrico y Magnético

2.2.1.1 Campo Eléctrico

Todo objeto cargado eléctricamente genera una influencia que actúa a través del espacio a su alrededor, causando algún efecto. Un objeto cargado eléctricamente es aquel cuyas cargas positivas o negativas no son iguales. En este caso, se genera una diferencia de potencial eléctrico. Esta genera el conjunto de fuerzas que se conoce como campo eléctrico, y se mide por Voltios por metro (V/m).

2.2.1.2. Campo Magnético

Es el campo de fuerza originado por la acción de cargas eléctricas en movimiento. Una carga eléctrica genera a su alrededor, un campo eléctrico. Una carga eléctrica en movimiento genera un campo magnético.

El campo magnético se genera además en sustancias presentes en la naturaleza como la magnetita, sin necesidad de un campo eléctrico.

Su unidad de medida es el Gauss (G) o Tesla (T).

2.2.1.3 Campo Electromagnético.

Un campo electromagnético es un conjunto de fuerzas generadas por elementos en los que se encuentra presente la carga eléctrica en movimiento.

Está conformado por un “campo eléctrico”, generado por las diferencias de tensión siempre presente entre las cargas y se le suma un “campo magnético”, generado a su vez por la corriente que circule entre las mismas.

2.2.2. Partes de la señal de video compuesto

Una imagen de televisión se forma con la reproducción de líneas horizontales una sobre otra, durante la primera etapa o “campo” las líneas impares, y durante la segunda etapa las pares, hasta cubrir toda la pantalla. La suma de ambas etapas forma un “cuadro”. Esto se realiza 30 veces por segundo en el sistema NTSC como se verá más adelante. Esto se denomina exploración entrelazada. La imagen que se vemos en un receptor de televisión ha sido previamente captada por una cámara de video en el estudio.

2.2.2.1 Exploración horizontal y vertical

La imagen televisada es explorada o “barrida” en una sucesión de líneas horizontales, tal como podemos ver en la figura 1.

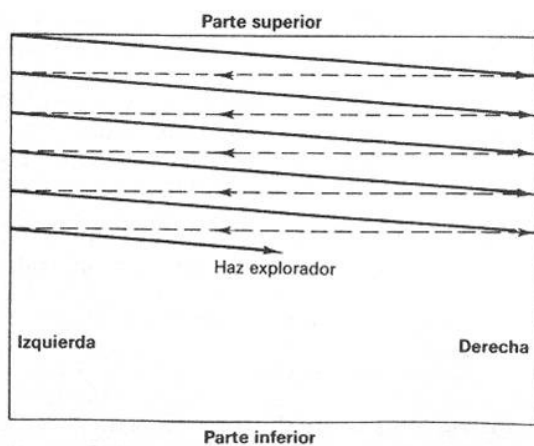


Figura 1. Cómo se efectúa la exploración lineal horizontal
Fuente: (Costilla Arias , 2008)

La exploración es el proceso que permite que una señal de vídeo adquiera información de la imagen. La imagen de televisión está conformada por pequeños elementos llamados píxeles, cuya variación en luminosidad y color determinan la imagen que se verá finalmente. Las líneas horizontales van trazándose una debajo de otra gracias al barrido vertical. La imagen en movimiento no es otra cosa que este conjunto de líneas ensambladas varias veces por segundo.

2.2.2.2 Frecuencia de cuadro y campo.

Se llama frecuencia de cuadro y campo al número de veces por segundo en que se generan dichos elementos. En el caso de la televisión en el sistema NTSC la frecuencia de cuadro es de 30 veces por segundo.

Pero nótese que cada cuadro se compone de dos campos, por lo tanto la frecuencia de campo es de 60 veces por segundo (60 Hz),

2.2.2.3 Número de líneas y resolución del sistema NTSC.

En gran parte de América y también en Japón se usó el sistema de codificación analógica en color NTSC (National Television System Committee, Comisión Nacional de Sistema de Televisión). Este se creó y desarrolló en Estados Unidos en la década de 1940. En el momento del presente informe, 2017, se está procediendo a reemplazar este sistema por el de televisión digital terrestre (TDT) en un proceso conocido como “apagón tecnológico” que en el Perú aún no se ha iniciado.

En el sistema NTSC, la imagen se compone de 525 líneas de resolución horizontal denominada “cuadro”. A su vez está dividida en dos campos, cada uno de 262.5 líneas. Estos campos se dividen en campo par y campo non(impar), realizándose la exploración de las líneas pares hasta completar el primer “campo” y luego se exploran las líneas impares, hasta completar el segundo “campo”, completando un “cuadro” y repitiendo el barrido. Esto se hace tanto para la codificación de la imagen como para su reproducción en un televisor analógico. Este procedimiento ayuda a disminuir considerablemente el efecto de parpadeo que se produciría en la imagen si se hiciera un solo barrido en un cuadro.

Para el sistema NTSC, se envían treinta cuadros por segundo, es decir, sesenta campos por segundo. Al momento de desarrollar esta tecnología se escogió esta frecuencia previendo hacerla compatible con la alimentación de la red eléctrica que es de 60 Hz. A continuación se describirá la reproducción de la imagen a través de la Exploración entrelazada.

2.2.2.4 Frecuencia de exploración horizontal y vertical

Como ya dijimos, se transmiten 60 campos por segundo. La pantalla del televisor consta de 525 líneas horizontales. En el primer campo se reproducen sólo las líneas horizontales pares, en el segundo campo, solo las líneas horizontales impares. Una imagen compuesta sólo por líneas pares o sólo por líneas impares es lo que llamamos campo. Cuando se ha completado toda la pantalla con un campo impar sumado a un campo par tenemos un cuadro.

Se transmiten treinta cuadros por segundo. Cada cuadro está compuesto de 525 líneas, la Frecuencia de Exploración Horizontal es entonces:

525 líneas X 30 cuadros = 15750 Hz

Duración de la Exploración de una Línea Horizontal: $1/15750 = 63.5 \mu\text{s}$

Para el caso de la frecuencia de Barrido Vertical el cálculo es diferente, ya que se transmiten 30 cuadros por segundo, es decir 60 campos. Por lo tanto, la frecuencia de vertical estará dada por la frecuencia de campos, es decir la frecuencia de Vertical es de:

Frecuencia de Barrido Vertical: 60 Hz

Duración del intervalo Vertical: 1666 μs

Esta valor nos indica las veces por segundo en que la imagen es actualizada en la pantalla.

El proceso de Exploración entrelazada se da cuando se comienza por explorar las líneas impares desde arriba hasta abajo, dejando de lado las líneas pares. Una vez que se han explorado todas las líneas impares de la pantalla, se tiene completado el primer campo, luego el haz electrónico recibe la orden de barrido vertical para ubicarse nuevamente en la parte superior de la pantalla. A partir de ese momento reinicia la exploración hacia abajo, pero esta vez tomando sólo las líneas pares. Así, termina el segundo campo. Con esto ha completado un cuadro.

El haz electrónico que realiza esta operación está dirigido por las operaciones de barrido horizontal y vertical, las mismas que están sincronizadas con la fuente de transmisión a través de la codificación de la señal NTSC.

Esta operación la repetirá treinta veces por segundo. El procedimiento está ilustrado en la figura 2:

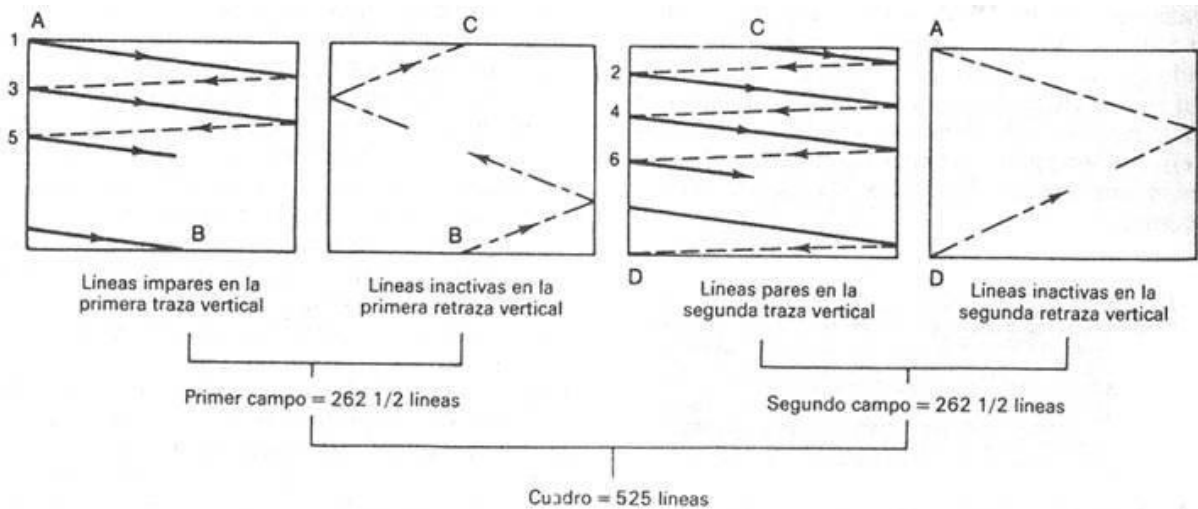


Figura 2. Exploración horizontal y vertical
 Fuente: (Costilla Arias , 2008)

2.2.2.5 Sincronía horizontal y vertical

Cuando se inicia la exploración del campo impar, el haz electrónico hace el barrido de la primera línea de izquierda a derecha, luego desciende hacia la siguiente línea impar. Hay dos señales que dirigen el movimiento del haz electrónico.

La primera es la señal de sincronía horizontal, que hace que el haz electrónico haga un barrido de izquierda a derecha de la línea horizontal donde se encuentre y luego regrese al punto a la izquierda.

Es entonces cuando otra señal, la señal de sincronía vertical, dirige al haz a la siguiente línea horizontal que le corresponde para así iniciar nuevamente el barrido horizontal.

Ambas señales, la de sincronía horizontal y la vertical, están sincronizadas con el transmisor de televisión a fin de que la imagen se transmita fielmente y sin fenómenos no deseados.

En el estudio de origen, la señal es barrida del mismo modo para ser codificada y enviada al transmisor, junto con las señales de sincronía. (ver figura 3).

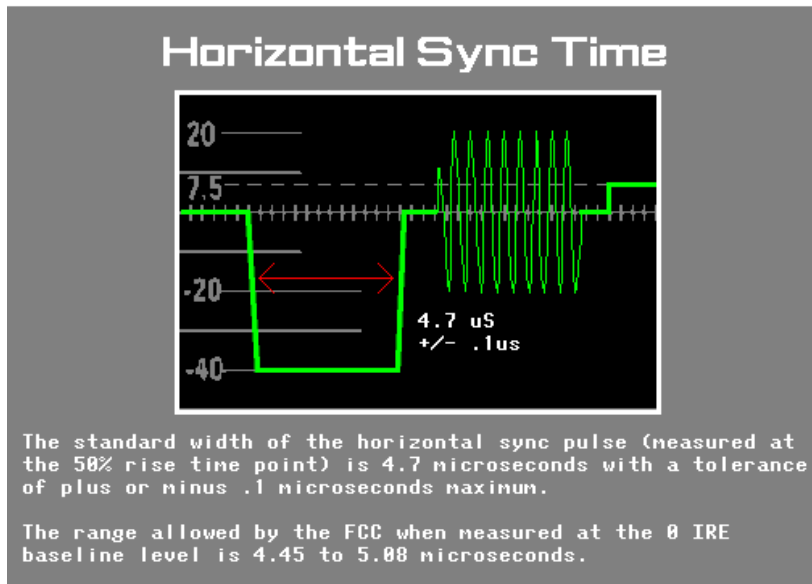


Figura 3. Tiempo de sincronía horizontal
Fuente: (Costilla Arias , 2008)

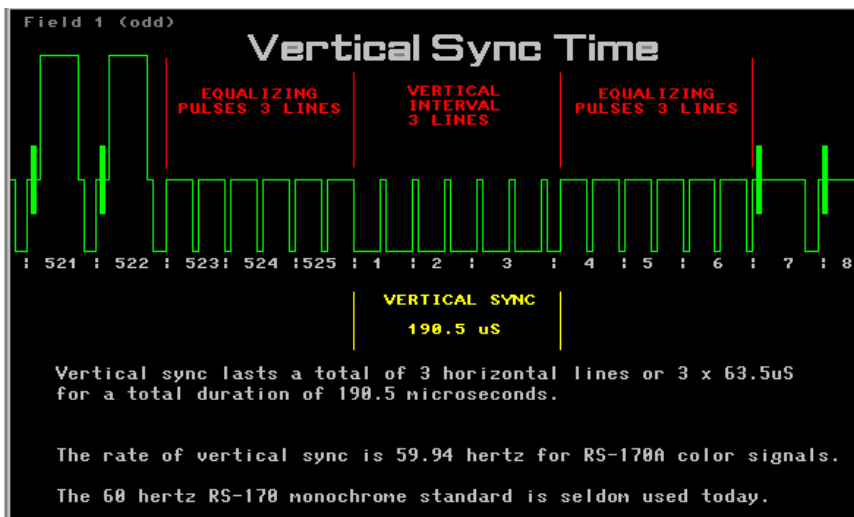


Figura 4. Tiempo de sincronía vertical.
Fuente: (Costilla Arias , 2008)

2.2.2.6 Borrado horizontal y vertical

Habiendo descrito el método de exploración entrelazada y la sincronía horizontal y vertical, debemos describir otra operación muy importante sin la cual la imagen saldría alterada.

Cuando el haz electrónico termina su barrido horizontal y regresa al lado izquierdo, debe estar apagado ya que de lo contrario seguiría iluminando la pantalla y distorsionaría la imagen. Esto se logra a través de pulsos de borrado, sincronizados con las señales de sincronía horizontal y vertical.

Para el caso de apagar el haz mientras regresa a la izquierda se usa el pulso de borrado horizontal (Horizontal Blanking), que se activa justo cuando el haz está regresando al lado izquierdo para iniciar el barrido horizontal de una nueva línea.

La frecuencia del pulso de borrado horizontal es 15750 Hz. La duración del pulso es el 16% de la duración de barrido de una línea horizontal.

$$\text{Tiempo de Borrado Horizontal} = 63.5\mu\text{s} \times 0.16 = 10.2 \mu\text{s}$$

Durante ese período el haz electrónico estará apagado. Cuando el haz termina al final de la pantalla después de un cuadro y debe regresar al inicio de la misma, también debe apagarse, por lo que recibe una señal de borrado vertical (Vertical Blanking). En este caso su período de duración apagado es el 8% de la duración de un campo completo, según la ecuación:

Tiempo de Borrado Vertical: = $1/60 \times 0.08 = 1333\mu\text{s}$

Seguidamente se muestran ambas señales tomadas con un osciloscopio electrónico:

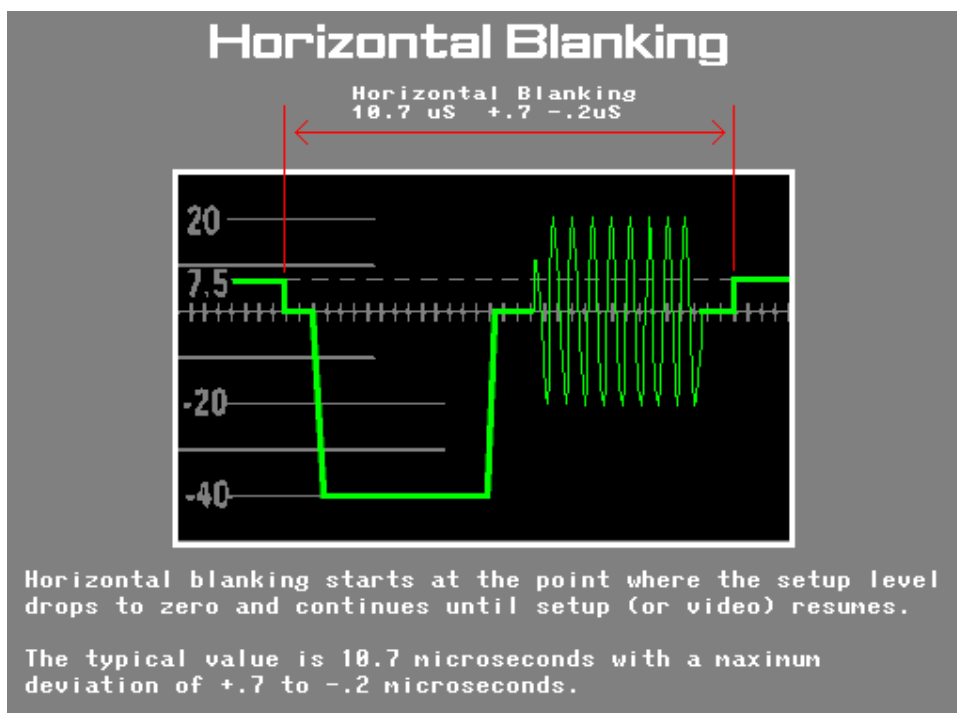


Figura 5. Borrado horizontal.
Fuente: (Costilla Arias , 2008)

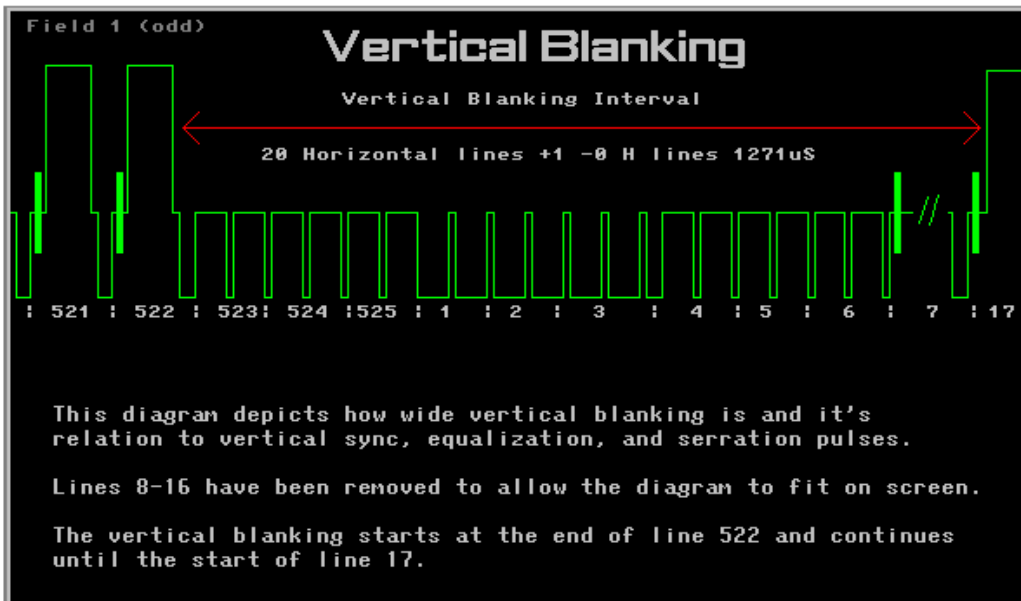


Figura 6. Borrado vertical
Fuente: (Costilla Arias , 2008)

2.2.2.7 Formas de onda.

Aparte de los pulsos de borrado y de sincronización horizontales y verticales, también existen los pulsos igualadores, también conocidos como de ecualización. Son utilizados para hacer compatibles las condiciones eléctricas de las diferentes líneas y garantizar una sólida sincronización.

En el gráfico, la figura 7 vemos los pulsos igualadores, junto a las señales de sincronización horizontal (H) y vertical:

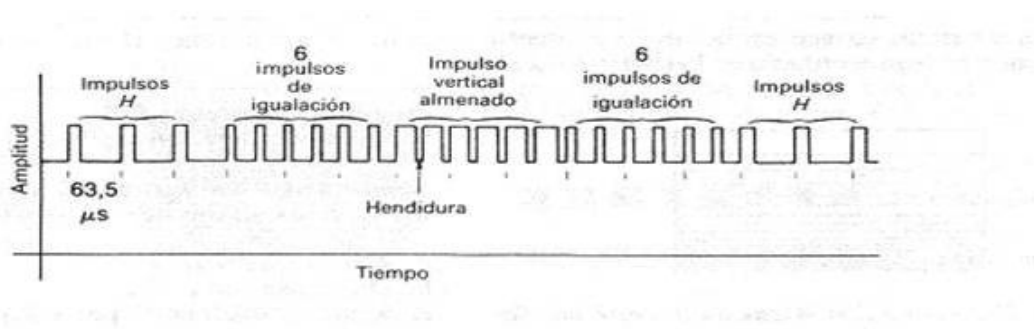


Figura 7. Impulsos de sincronismo
 Fuente: (Costilla Arias , 2008)

Como dato adicional, debemos señalar que las frecuencias consignadas aquí de 15750 Hz, 60 Hz para Borrado Horizontal son válidas para televisión en blanco y negro. Las frecuencias de operación para la televisión a color son de 15734.26 Hz, 59.94 Hz.

2.2.3 Funcionamiento de una repetidora de TV.

El estudio de TV consta de los equipos procesadores de video que proveen la señal que saldrá al aire. Esta señal es irradiada en la frecuencia comercial en la ciudad donde se encuentra este estudio. También irradia esta señal hacia un satélite, a través de una antena parabólica. El satélite, ubicado aproximadamente a 36000 Km, tiene suficiente ángulo para retransmitir la señal hacia gran parte del área del planeta en el lado que se halla ubicado. En esa área, cualquier estación que disponga de la información para decodificar la señal podrá recibirla.

Esta señal podrá ser recibida en una localidad que cuente con una parabólica receptora de satélite y el decodificador correspondiente. La señal extraída podrá ser retransmitida a la localidad a través del sistema de transmisión adecuado instalado en el lugar, y usando una frecuencia de transmisión comercial, para que cualquier usuario con un receptor de TV estándar pueda ver dicha señal.

2.2.4 Cálculos

Es necesario orientar la antena parabólica de recepción satelital hacia el punto en que se halla el satélite cuyo servicio se ha contratado. Para ello necesitamos conocer el azimuth (α ángulo lateral) y la elevación (χ) de la parabólica. Ambos valores los obtendremos por las siguientes fórmulas:

$$\beta = \cos^{-1}(\cos(\phi) * \cos(\theta)) \quad \text{Ecuación 1.}$$

$$\chi = \arctan\left(\frac{\cos(\beta) - 0.151269}{\text{sen } \beta}\right) \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde ϕ = Longitud de ubicación de la Parabólica – Longitud del Satélite.

θ = Latitud de la Antena Parabólica.

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{\tan(\phi)}{\tan(\theta)}\right) \quad \text{Ecuación 3}$$

En el capítulo 3 se hará uso de estas fórmulas para hallar la orientación de la Parabólica de este proyecto.

2.2.5 LNB (Low Noise Block) Bloque de Bajo Ruido

Es el dispositivo de recepción ubicado en la Antena Receptora Parabólica. Recibe la señal desde el satélite (de muy baja potencia), la filtra de ruido, la amplifica y la envía al receptor de satélite. Solo puede utilizarse un LNB para cada banda de transmisión satelital (S, C, Ku).

2.2.6 Banda Ku

Es la Banda del Espectro Electromagnético más utilizada en transmisiones satelitales. Su rango de Frecuencia es de 8 a 12 GHz. En América, está asignada a la Región 2 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones.

2.3 Marco Conceptual.

Para desarrollar el diseño de la repetidora de Televisión que se desea hacer, es necesario señalar una serie de conceptos y sistemas, los que vienen a continuación:

2.3.1 Antenas

En un sistema de transmisión, la antena es el último elemento del sistema. La antena es el elemento irradiante que va a emitir al espacio la señal electromagnética modulada con la información. Según sea el sistema irradiante se puede emplear una o varias antenas. En este último caso son sistemas de antenas con distribuidor de potencia.

2.3.1.1 Ganancia de una antena

Es la relación entre la potencia aplicada a una antena ideal sin pérdidas y la potencia aplicada a la antena real con tal que ambas produzcan el mismo nivel de señal irradiada. Esta relación está en decibeles.

2.3.1.2 Patrón de radiación de una antena

Cada tipo de antena tiene una área de propagación. Esto se llama patrón de radiación. En base a ello hay antenas omnidireccionales, lobulares, direccionales.

Las antenas de telecomunicaciones se venden con gráficos de sus patrones, llamados patrones azimutales que grafica el patrón de radiación visto desde arriba.

Estos gráficos se consultan a la hora de diseñar una planta transmisora. Hay que anotar que estos patrones también señalan el área de recepción.

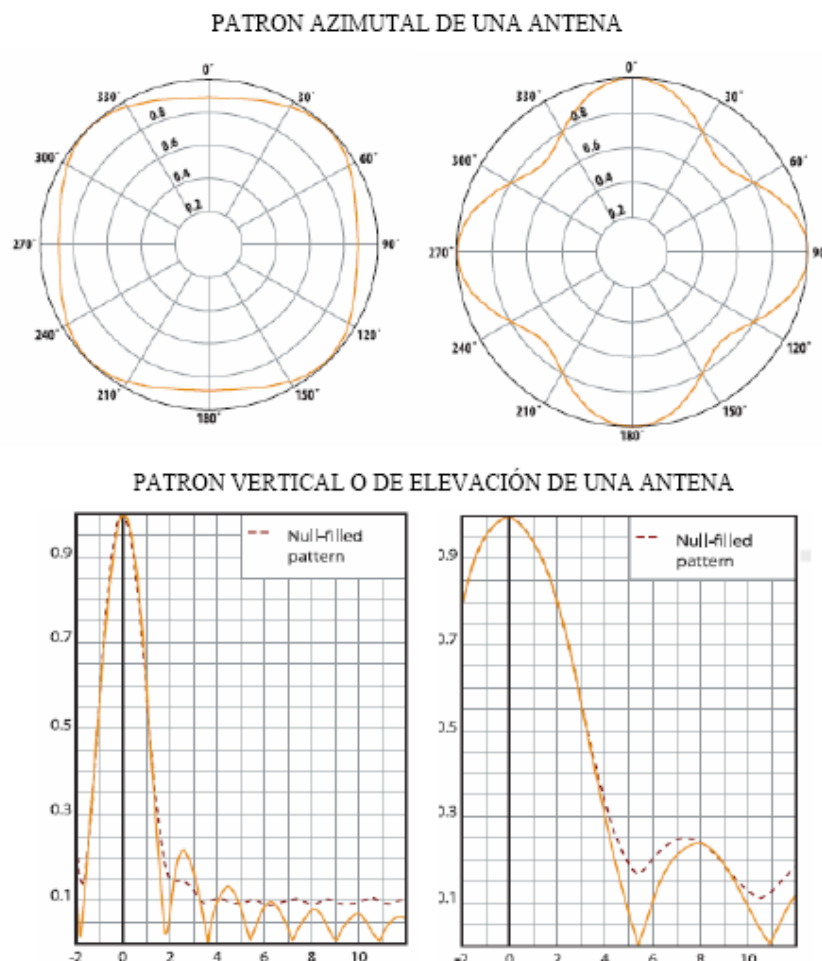


Figura 8. Patrones de radiación de Antenas
Fuente: (Fuentes Triana, 2009)

2.3.1.3 Potencia efectiva radiada (P.E.R)

Es la potencia real irradiada por la antena, señalada por la potencia de entrada (contando las pérdidas) multiplicado por su ganancia.

2.3.2 Principio de Huygens

El principio de Huygens es un método de análisis que se aplica al estudio de propagación de ondas. Permite encontrar la forma que tendrá un frente de onda tomando como referencia la forma que tenía en un principio.

Postula que cada punto de un frente de ondas es fuente de ondas secundarias que se propagan con la misma velocidad.

2.3.3 Propagación de señales electromagnéticas

2.3.3.1 La atenuación en el espacio libre

El espacio libre es un medio dieléctrico homogéneo, isótropo y alejado de cualquier obstáculo, esta circunstancia se da pocas veces en nuestro entorno.

Para que sólo esté presente la atenuación del espacio libre, las antenas transmisora y receptora deben tener línea de vista entre sí.

Para calcular las pérdidas, se dispone de un equipo transmisor con una potencia denominada PT. La antena de este equipo ha de irradiar en todas las direcciones y debe haber la menor cantidad de pérdidas posible.

La siguiente ecuación describe la densidad de potencia (S) en una esfera centrada en la antena:

$$S = \frac{P_T}{4 * \pi * R^2} \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde $[W/m^2]$ significa unidad de Potencia por metro cuadrado, R es la distancia a la antena, y P_t , la potencia transmitida

Esta ecuación está concebida para antenas omnidireccionales, sin embargo toda antena concentra la irradiación hacia una dirección. Tomando en cuenta la ganancia producida hacia esa dirección (G_t), la nueva ecuación será:

$$S = \frac{P_T * G_T}{4 * \pi * R^2} \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad \text{Ecuación 5}$$

Para calcular la potencia recibida, se usa un sistema receptor para cuya antena se le define un área de apertura (A_E) que es la relación entre la potencia recibida en la antena receptora (P_r) y la densidad de potencia (S). Así, se puede despejar P_r , Potencia receptora, y quedaría definida como lo siguiente:

$$P_R = S * A_E = \frac{P_T * G_T}{4 * \pi * R^2} * G_T * A_E \quad \text{Ecuación 6}$$

Si además se consideran la polarización (CP) y las posibles pérdidas en el medio (CM), tendremos la ecuación:

$$P_R = S * A_E = \frac{P_T * G_T}{4 * \pi * R^2} * G_T * A_E * C_M * C_P \quad \text{Ecuación 7}$$

La apertura efectiva y la directividad (D) de la antena receptora, pueden expresarse en la siguiente ecuación:

$$A_E = \frac{\lambda^2}{4 * \pi} * D \quad \text{Ecuación 8}$$

Usando la ecuación 6 y considerando la eficiencia de las antenas, sustituimos la directividad por la ganancia. Entonces se podemos calcular la atenuación como el cociente entre la potencia recibida y transmitida. (ITU, 1999).

$$A_E = \frac{P_T}{P_R} = \left(\frac{4 * \pi * R}{\lambda} \right)^2 * \frac{1}{G_R * G_T} \quad \text{Ecuación 9}$$

Si dejamos de considerar las ganancias de las antenas, tanto transmisora como receptoras, la ecuación expresará lo que se conoce como atenuación en campo libre:

$$A_E = \frac{P_T}{P_R} = \left(\frac{4 * \pi * R}{\lambda} \right)^2 \quad \text{Ecuación 10}$$

La ecuación 10 se puede expresar también en decibeles:

$$A_{EL}(dB) = 32.45 + 20 * \log f_{[MHZ]} + 20 * \log R_{[Km]} \quad \text{Ecuación 11}$$

Donde f es el valor de la frecuencia de operación en MHz.

La Ecuación de Friis se utiliza para implementación de sistemas de transmisión en campos lejanos. Para esta ecuación se incorporan las ganancias de las antenas transmisoras y receptoras:

$$A_{EL}(dB) = 32.45 + 20 * \log f_{[MHZ]} + 20 * \log R_{[Km]} - G_T - G_R \quad \text{Ecuación 12}$$

$$A(dB) = 32.45 + 20 * \log f [MHz] + 20 * \log R [Km]$$

La potencia recibida se puede calcular ya, si asumimos que estamos en el espacio libre y conocemos el valor de la atenuación:

$$10 * \log P_R = 10 * \log P_T - A(dB)_T \quad \text{Ecuación 13}$$

Como conclusión, en un entorno de espacio libre, el grado de atenuación depende exclusivamente del tamaño y disposición de las antenas, así como de la propagación de las ondas al espacio.

2.3.3.2 La Refracción

Cuando una onda sea de luz o electromagnética pasa de un medio, a otro de características diferentes (por ejemplo, distinta densidad) esta onda cambia de dirección. Este fenómeno se conoce como refracción. En la atmósfera, la refracción

se da por un índice relacionado a una constante dieléctrica (N). El valor de N está determinado por los valores de presión, humedad y temperatura. Esto se describe en la siguiente ecuación:

$$N = (n - 1) * 10^6 = 77.6 * \frac{p + 4810 * \frac{e}{T}}{T} \quad \text{Ecuación 14}$$

En donde:

N: es el índice de refracción modificado o refractividad.

n: es el índice de refracción de la atmósfera.

e: es la presión del vapor de agua (milibarios).

T: es la temperatura absoluta (en grados Kelvin).

El índice de refracción varía con la altura debido a que las características físicas de la atmósfera varían con la altura. En una primera aproximación puede sustituirse la variación de la refractividad con la altura por una variación lineal:

$$N = N_s * (1 - 0.136 * h) \quad \text{Ecuación 15}$$

En donde h es la altura en Kilómetros. Esta fórmula es válida para alturas de hasta 2 Km. N_s es la refractividad en la superficie. Se debe considerar que al no ser una atmósfera ideal, las ondas electromagnéticas presentan una curvatura tal como lo expresa la figura 9.

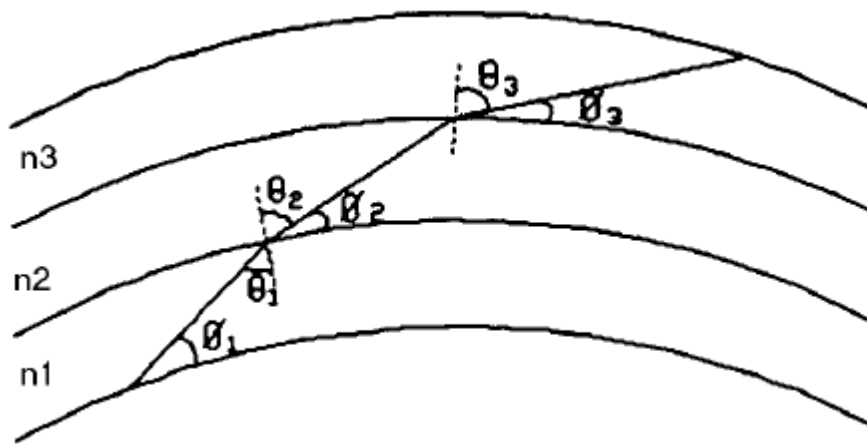


Figura 9. Onda electromagnética sufriendo curvatura por Refracción.
Fuente: (Fuentes Triana, 2009)

El índice de refracción de cada medio por el que pasa la onda, determina el grado de inclinación de la misma. La Ley de Snell define la relación entre los índices y los ángulos de incidencia y refracción:

$$n_1 * \sin(\theta_1) = n_2 * \sin(\theta_2) \quad \text{Ecuación 16}$$

n_1 y n_2 son los índices de refracción de los materiales 1 y 2, respectivamente. θ_1 es el ángulo de incidencia, en grados y θ_2 el ángulo de refracción (en grados).

2.3.3.3 Radio efectivo de la Tierra

Cuando una señal electromagnética viaja de un punto a otro sobre la superficie terrestre, se ha de tomar en cuenta que ésta (la superficie) no es plana, ya que el planeta es esférico. (En realidad, una esfera ovalada, achatada ligeramente en los Polos).

A pesar de no ser precisamente redonda, se puede asumir para los cálculos un radio promedio de $R=6371$ Km.

Como consecuencia de las diferentes densidades de la atmosfera, existe un gradiente vertical de índices de refracción, los que al sumarse ocasionan que las ondas electromagnéticas se curven

Para hacer los cálculos de curvatura se debe usar el Radio Efectivo de la Tierra. Este se consigue multiplicando el Radio de la Tierra por un factor “k”, que da el radio de la curva electromagnética.

El factor k está dado por la siguiente ecuación:

$$k = \frac{1}{1 + R * \frac{dn}{dh}}$$

Ecuación 17

R es el radio real de la Tierra (6.370Km).

dn/dh es el gradiente vertical del índice de refracción.

2.3.3.4 La difracción

Cuando una onda electromagnética o de luz incide contra un obstáculo, pero éste tiene suficiente abertura para que la onda continúe, entonces se produce una alteración en la ruta de la onda, manifestada en una dispersión del haz electromagnético o en una redistribución de energía.

2.3.3.5 Difracción “filo de cuchillo”

Cuando la difracción se da contra un obstáculo bien definido se da lo que se llama una obstrucción aguda, lo puede crear nuevos frentes de onda. Es decir, actúa como una fuente secundaria.

Este genera una atenuación que se denota como “v”. La fórmula para hallar dicha atenuación involucra las distancias desde el transmisor al obstáculo, y del obstáculo hacia el receptor, así como la longitud de la onda.

Esto se revela en la ecuación 18:

$$v = \sqrt{\frac{2 * (d_1 + d_2)}{\lambda * d_1 * d_2}}$$

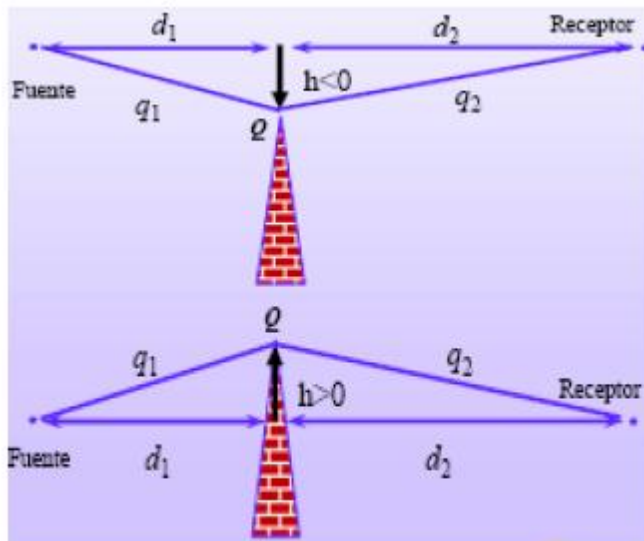


Figura 10. Definición del signo de despeje.
Fuente: (Fuentes Triana,2009)

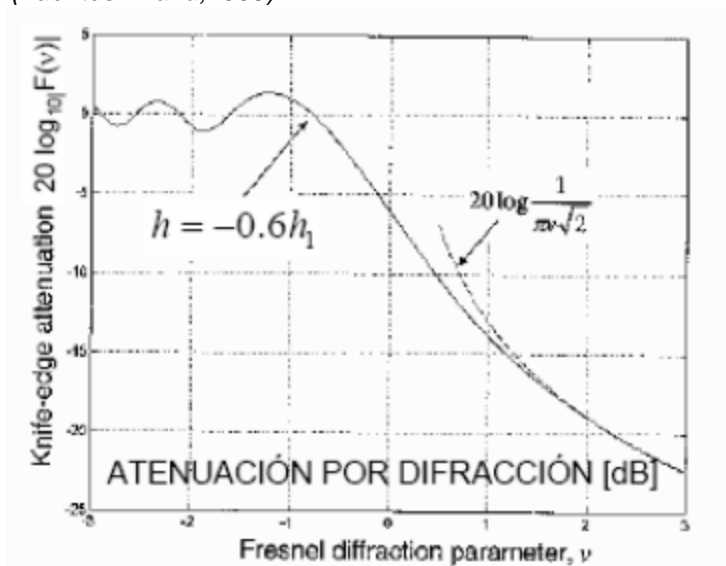


Figura 11. Atenuación por filo de cuchillo
Fuente: (Fuentes Triana,2009)

2.3.3.6 Zona de Fresnel

Entre una antena transmisora y una receptora se crean varios espacios elipsoides concéntricos. Uno de estos elipsoides debe estar completamente libre para evitar fenómenos de cancelación por fase. Esto es llamado la primera zona de Fresnel. En la segunda zona de Fresnel, el desfase entre las ondas no debe superar 180°.

Se llamó así en honor al físico Auguste Jean Fresnel.

La línea recta entre la antena del transmisor y la antena del receptor debe tener línea de vista, libre de obstáculos. El espacio que rodea a esta línea recta es la zona de Fresnel, conformado por discos concéntricos. El que tiene el mayor radio está ubicado en el centro de dicha línea recta.

Existe una fórmula para calcular el radio de la zona de Fresnel, que es:

$$r_n = 547.723 * \sqrt{\frac{n * (d_1 * d_2)}{f * d}}$$

Ecuación 19

En donde:

r_n = radio de la zona número “n” de Fresnel.

d_1 = distancia desde la antena del transmisor al objeto en km.

d_2 = distancia desde el objeto hasta la antena del receptor en km.

d = distancia total de la línea de enlace en km.

f = frecuencia de operación en MHz.

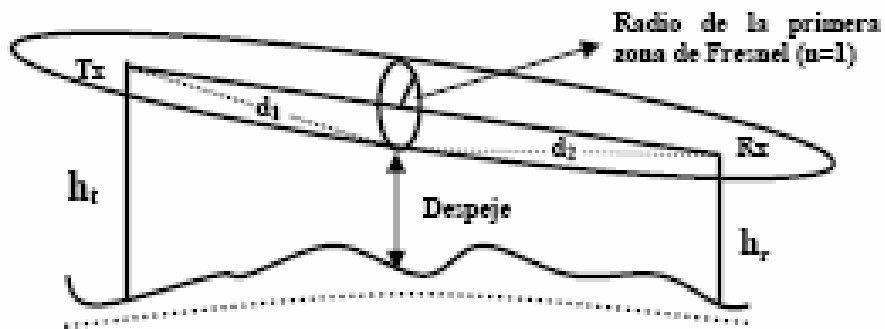


Figura 12. Gráfico de la Primera Zona de Fresnel
Fuente: (Fuentes Triana, 2009)

2.3.3.7 La conductividad del terreno

Esta característica es muy importante para definir el patrón de propagación de un sistema de radiodifusión. A mayor conductividad, mayor propagación. Un factor que la determina es el material que conforma el terreno. El otro factor es la frecuencia de las ondas electromagnéticas. A mayor frecuencia, menor conductividad. A menor frecuencia, mayor conductividad.

2.3.3.8 La reflexión electromagnética

Se da cuando una onda incide en un medio diferente y no ingresa a éste, o ingresa solo una parte de su potencia, reflejándose la onda restante en un ángulo igual a su ángulo de incidencia.

Este fenómeno puede manifestarse en las telecomunicaciones a través de diferentes parámetros, tales como por ejemplo, el coeficiente de reflexión del suelo.

Debe señalarse que si el ángulo de incidencia con respecto a la normal (eje vertical perpendicular al suelo), es mayor, también será mayor la energía reflejada por este y menor la absorbida.

La ecuación 20 expresa el campo eléctrico con respecto al coeficiente de reflexión del suelo:

$$\bar{E} = \bar{E}_0 * (1 + \Gamma * e^{-j*\Delta}) \quad \text{Ecuación 20}$$

En esta expresión:

E_0 = Campo eléctrico en el espacio libre.

Γ = Coeficiente de reflexión del suelo.

Δ = Ángulo de desfase entre onda directa y la onda reflejada.

2.3.4 Área de cobertura.

Es aquella a la cual llega toda la onda electromagnética irradiada y dentro de la cual debe estar la población que debe recibir la transmisión.

Se pueden describir tres clases de áreas:

- Área de cobertura sin interferencias, sólo limitada por ruido natural o ruido ocasionado por actividad humana.
- Área de cobertura nominal, señalada dentro de un plan de frecuencias.
- Área de cobertura real, delimitada por ruidos e interferencias existentes realmente.

2.3.5 Nivel de señal esperado (NSE)

Es un parámetro de referencia. La intensidad de la señal esperada para una antena receptora a 10 metros de altura del suelo, dentro del área de cobertura, es lo que se conoce como Nivel de Señal Esperado, y su unidad es dBuV /m.

2.3.6 Angulo horizontal de radiación (Azimut)

Es el ángulo formado por el Norte Geográfico con la dirección de propagación de las ondas electromagnéticas del proyecto. Se mide en grados con sentido horario.

2.3.7 Angulo vertical de radiación

Es el ángulo formado entre la línea recta de transmisión entre el transmisor y el receptor y la línea horizontal presente en el transmisor.

2.3.8 Factor de radiación sobre los planos horizontal o vertical

Es la relación entre la intensidad de la señal irradiada por una antena sobre el plano horizontal o el plano vertical, y la intensidad de la señal en su trayectoria de máxima ganancia..

2.3.9 Patrón de radiación horizontal o vertical

Este gráfico lo proporciona el fabricante de la antena. Ilustra la intensidad de la máxima radiación de la antena según el ángulo de radiación, tanto en el plano horizontal como en el vertical.

2.3.10 Factor de irregularidad del terreno (Δh)

El factor de irregularidad ayuda a determinar el nivel de homogeneidad del terreno que corresponde al área de cobertura.

Método para determinar el factor de irregularidad: Se ubica el punto en donde se ubica el sistema irradiante, y sobre él se crean dos círculos concéntricos, uno de 10 Km de radio, y otro de 50 Km de radio. Estos forman un aro de 40 Km de grosor, sobre el cual se trazan 8 radiales equidistantes, empezando por uno sobre la línea del Norte Geográfico.

Sobre cada radial se toman 41 puntos separados en 1 Km. Luego se enlistan según su altura los 328 puntos resultantes. Se eliminan los 32 puntos más altos y los 32 más bajos. Entre los 264 restantes, la diferencia entre el punto más alto y el más bajo es el factor de irregularidad del terreno (Δh).

2.3.11 Comunidad principal

Es la zona dentro del área urbana donde debe existir buena potencia de señal, al punto que esta pueda ser recibida por receptores en domicilios sin necesidad de tener antenas externas.

2.3.12 Servicio de grado A

Se refiere al nivel de calidad de señal de imagen en un receptor de televisión, sin ruido o interferencias, sobre el promedio en una ciudad.

2.3.13 Servicio de grado B

Se refiere al nivel de calidad de señal de imagen en un receptor de televisión, con presencia de ruido a un nivel aceptable, sobre el promedio en un entorno rural.

2.3.14 Angulo de inclinación del terreno

Se considera cuando la inclinación se hace notoria a una distancia de 5 Km. La ecuación que lo describe es:

$$\theta_m = \frac{h_n - h_m}{d_n}$$

Ecuación 21

En donde:

h_m = altura donde comienza la inclinación del terreno.

h_n = altura donde termina la inclinación del terreno.

d_n = distancia entre h_m y h_n

2.3.15 Métodos para el cálculo de cobertura

Una parte central del modelado de un sistema de irradiación es el cálculo de cobertura. En general, dicho cálculo se realiza con datos resultados de mediciones realizadas previamente.

Los modelos de propagación se centran en determinar o prever el valor de la potencia de recepción en un punto dentro del área de cobertura.

Los métodos de predicción son:

- . Método de Okumura
- . Método de Okumura-Hata
- . Método Propuesto por la UIT
- . Método de la FCC
- . Modelo Cost 231 (Extensión del Método Hata)
- . Método de Xia

2.3.15.1 Método de Okumura

En los años sesenta, el ingeniero japonés Yohihisa Okumura diseñó este método, que hoy es el más usado para el diseño de plantas de transmisión en áreas urbanas, ya que está pensado para un terreno llano. El investigador desarrolló un grupo de curvas a partir de una serie de mediciones de campo, usando antenas omnidireccionales. Dichos valores se hicieron en función a la distancia y a la frecuencia.

Se usa en las bandas de televisión VHF y UHF, así mismo la antena debe estar a una altura mayor a 30 metros y menor a 100m. La distancia de irradiación es desde 1Km hasta 100 Km.

La atenuación dada en entornos urbanos se expresa como:

$$L_{50(URBANO)}(dB) = L_f + A_{mu} - G(h_{te}) - G_{AREA} \quad \text{Ecuación 22}$$

Donde:

L_f = Atenuación en el espacio libre

A_{mu} = Atenuación relativa promedio

$G(h_{te})$ = Ganancia de la altura de la antena de transmisión.

$G(h_{re})$ = Ganancia de la altura de la antena de recepción.

G_{AREA} = Ganancia debida a la naturaleza del entorno.

En la figura 13 se presenta una gráfica a través de la cual se puede determinar el valor de la atenuación relativa promedio, en función a la frecuencia de operación. (Altura de antena transmisora: 200 m, altura de antena receptora, 3 m).

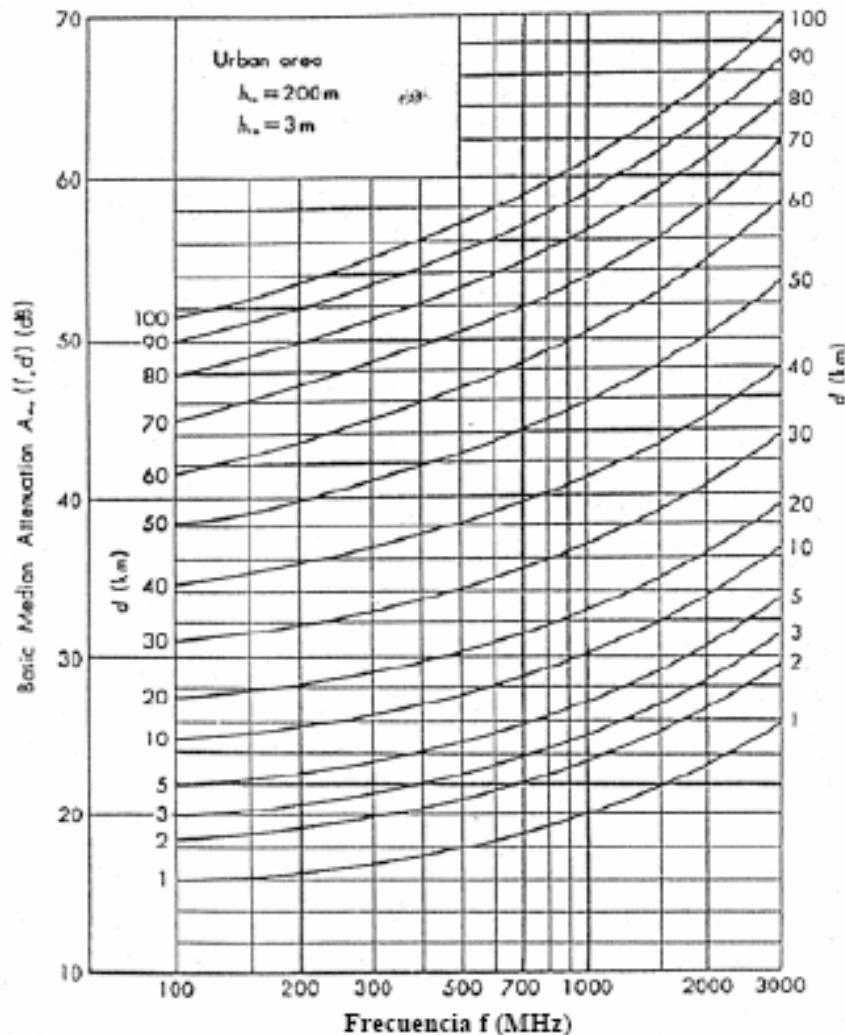


Figura 13. Factor atenuación promedio al espacio libre A_m
 Fuente: (FCC, 2015)

El desarrollador del método descubrió que la ganancia de la altura de la antena tiene pérdidas de 20 dB/década. Y que la ganancia de la altura de la antena de recepción tiene variación de pérdidas de 10 dB/década.

El modelo de Okumura es práctico para calcular las pérdidas y atenuaciones dadas en los sistemas de telefonía celular y en sistemas de radiodifusión.

Como señalamos, este modelo está pensado para terrenos urbanos llanos. De haber obstáculos a la línea de vista del elemento irradiador se afectará la intensidad de la transmisión. Por ello se han clasificado en tres los tipos de entornos en que se propaga la onda electromagnética:

Zona abierta: El entorno donde la interrupción a línea de vista de la onda se halla de 300 m a más de distancia del receptor.

Zona suburbana: Existen pocos obstáculos en la zona cercana al receptor.

Zona urbana: Elevada presencia de edificios altos y regular tránsito vehicular en el área cercana al receptor.

Las siguientes figuras, 14 y 15 muestran curvas de corrección que determinan el valor de la ganancia en función a la frecuencia de operación. Esto se usa en zonas rurales.

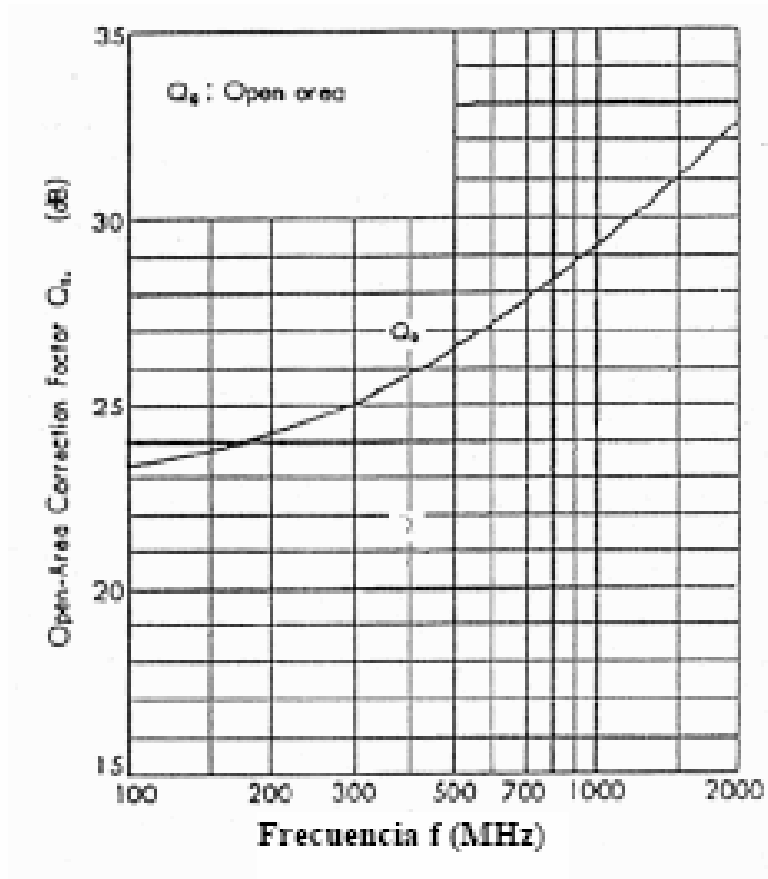


Figura 14. Factor de corrección para zona abierta.
Fuente: (FCC, 2015)

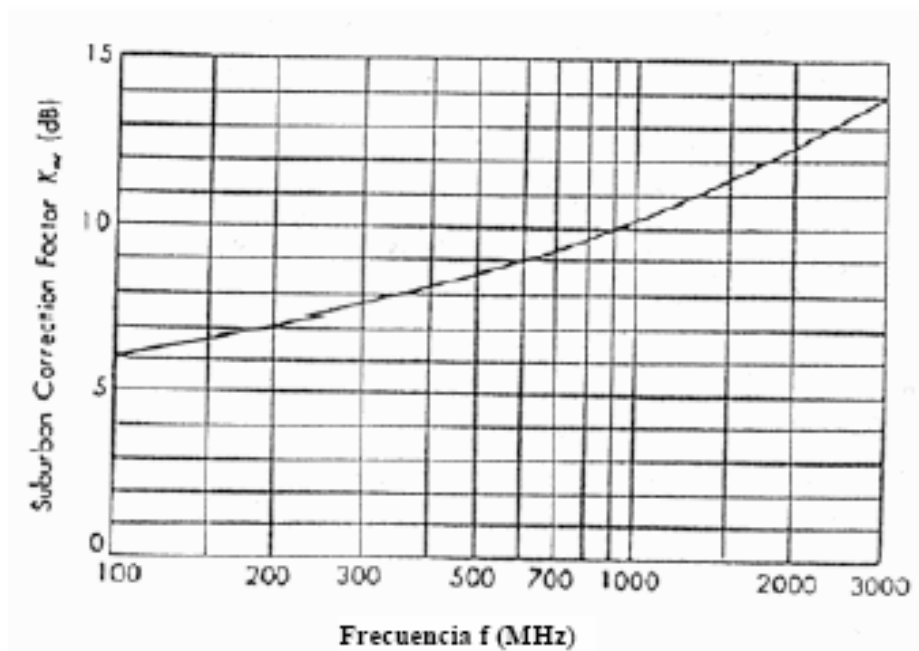


Figura 15. Factor de corrección para zona suburbana
Fuente: (FCC, 2015)

2.3.15.2 Método de Okumura - Hata

Fue elaborado por Masaharu Hata en 1980, quien recolectó información de las curvas de intensidad de campo eléctrico creadas por Okumura y a partir de estos datos creó un grupo de ecuaciones para calcular las pérdidas por trayecto.

Este modelo se aplica a las frecuencias de VHF y UHF (150MHz-1500MHz). La fórmula presentada por Hata para el área urbana es:

$$L_{50(URBANO)}(dB) = 69.55 + 26.16 * \log h_{te} - a(h_{re}) + (44.9 - 6.55 * \log h_{te}) \log d \quad \text{Ecuación 23}$$

Donde:

h_{re} : Altura de la antena receptora (1m < h_{re} < 10m)

h_{te} : Altura de la antena transmisora (30 m < h_{te} < 200m)

f_c : Frecuencia de la portadora (150 MHz < f_c < 1500 MHz)

$a(h_{re})$: factor de corrección para la altura efectiva de la antena móvil que es función del tipo de área de servicio.

D: Distancia entre transmisor y receptor.

El factor de corrección para altura efectiva " $a(h_{re})$ ", depende del tamaño de la ciudad.

Para pequeñas y medianas ciudades:

$$a(h_{re}) = (1.1 * \log f_c - 0.7) * h_{re} - (1.56 * \log f_c - 0.8) [dB] \quad \text{Ecuación 24}$$

Para ciudades grandes:

$$a(h_{re}) = 8.29 * (\log 1.54 h_{re}) * 2 - 1.1 [dB] \text{ para } f_c < 300 \text{ MHz} \quad \text{Ecuación 25}$$

$$a(h_{re}) = 3.2 * (\log 11.75 h_{re}) * 2 - 4.97 [dB] \text{ para } f_c > 300 \text{ MHz} \quad \text{Ecuación 26}$$

Para zonas suburbanas:

$$L(dB) = L_{50(URBANO)} - 2 \left[\log \left(\frac{f_c}{28} \right) \right]^2 - 5.4 \quad \text{Ecuación 27}$$

Para áreas rurales:

$$L(dB) = L_{50(URBANO)} - 4.78 * [\log(f_c)]^2 + 18.33 * \log(f_c) - 40.94 \quad \text{Ecuación 28}$$

2.3.15.3 Método propuesto por la UIT

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones), es el órgano de las Naciones Unidas que se encarga de regular las telecomunicaciones a nivel internacional. Sus directivas son dadas a través de Recomendaciones, documentos cuyo contenido es de aplicación obligatoria para muchas administraciones de gobierno y empresas operadoras en el mundo.

La UIT desarrolló un modelo aplicable para frecuencias de 30 MHz a 3 GHz, y para distancias de hasta 1000 Km. Por tanto es útil también para los enlaces microondas y celulares. Es muy empleado por operadoras de Telecomunicaciones.

Este método fue publicado en la Recomendación Número UIT-R P.1546-4.

Consiste en calcular la intensidad de campo en la zona de recepción a partir de la interpolación de una serie de curvas incluidas en la Recomendación.

Estas curvas han sido elaboradas en entornos de propagación marítimos y terrestres, debido a que las características de irradiación varían considerablemente según dónde sean éstos.

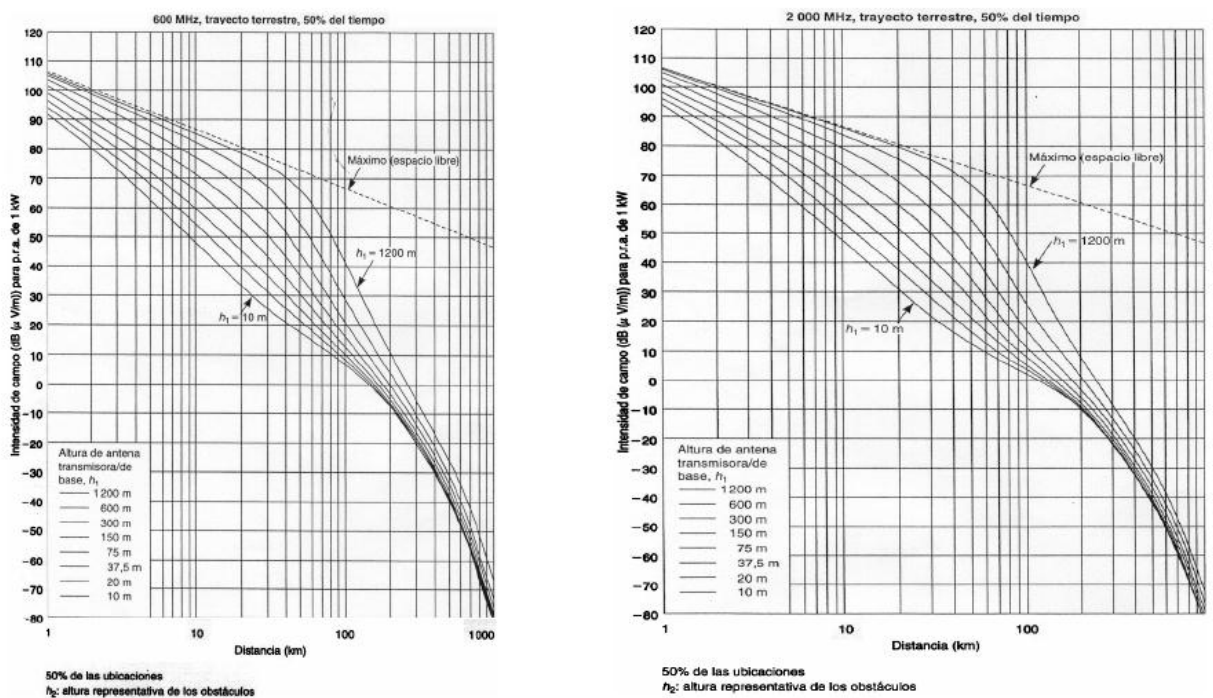


Figura 16. Curvas de intensidad de campo para el método UIT
Fuente: (FCC, 2015)

Para sacar el valor final de campo E(dBu), se interpolan las curvas, primero en función de la altura de la antena, segundo, en función de la frecuencia de operación y por último en función de la potencia de emisión PRA.

La Recomendación indica en su anexo 6, el procedimiento global de cálculo en 18 pasos. También se incluye un procedimiento de ajuste para distintas regiones climáticas. Las curvas para trayectos marítimos se hicieron en base a mediciones realizadas en el Mar Mediterraneo y el Mar del Norte, Las curvas de propagación terrestre se hicieron con mediciones realizadas en Europa y América del Norte.

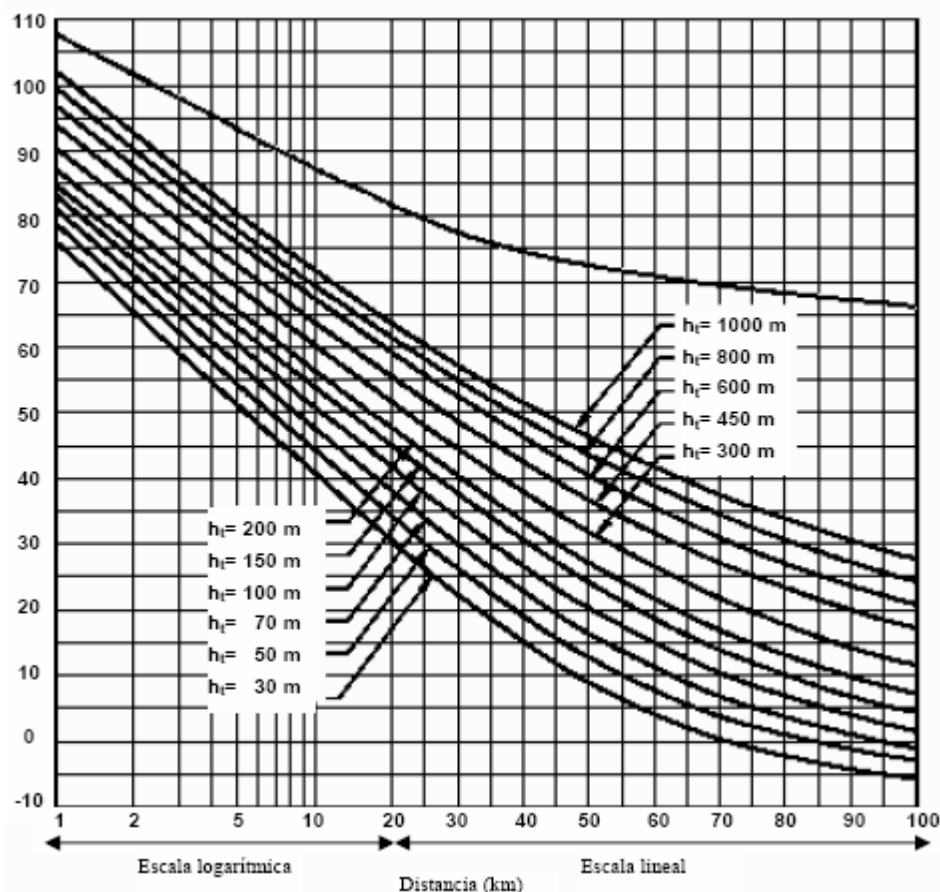


Figura 17. Intensidad de campo eléctrico (dB(μ V/m)) para una zona urbana
Fuente: (FCC, 2015)

2.3.15.4 Método de la FCC

Es una suerte de norma para la predicción de valores de propagación en base a curvas obtenidas de mediciones previas, similar a la norma FCC, pero aplicada para el caso de Estados Unidos.

Fue desarrollada por la FCC (Federal Communications Commission) que es una agencia Estatal Estadounidense que, como organismo regulador de Comunicaciones, goza de independencia. Responde ante el Congreso y fue creada en 1934.

En su método de cálculo de cobertura, se incorporan curvas de predicción obtenidas con una gran cantidad de mediciones realizadas en dicho país. Como Estados Unidos tiene un terreno montañoso, no parejo, en los cálculos se incorpora la variable Δh , que señala el grado de irregularidad del terreno.

Hay que anotar que en este procedimiento no se consideran los efectos que el terreno pudiera producir en la zona de recepción.

Las curvas utilizadas en el método Okumura se obtuvieron luego de numerosas mediciones de campo eléctrico a diferentes distancias y alturas de elementos irradiantes de transmisión.

Las variables importantes calculadas aquí son el ASPT (Altura sobre el Promedio del Terreno) y Potencia Efectiva Radiada (PER).

Para distancias fijas, los niveles de señal se clasifican con los siguientes parámetros:

- Altura de la antena de transmisión.
- Número de zonas de recepción donde hubo un nivel de señal.
- Porcentaje de tiempo durante el cual se da el nivel de señal.

A partir de estos parámetros se elaboran las curvas. La FCC propone usar para televisión las curvas $F(50,50)$ que representan el lugar geométrico donde para todos los niveles de señal por lo menos el 50% de localidades lo reciben durante por lo menos el 50% de tiempo para variaciones de altura de la antena de transmisión.

En las figuras 18, 19 y 20 se muestran las curvas $F(50,50)$ para los rangos de canales 2 al 6, 7 al 13 y 14 al 69 respectivamente.

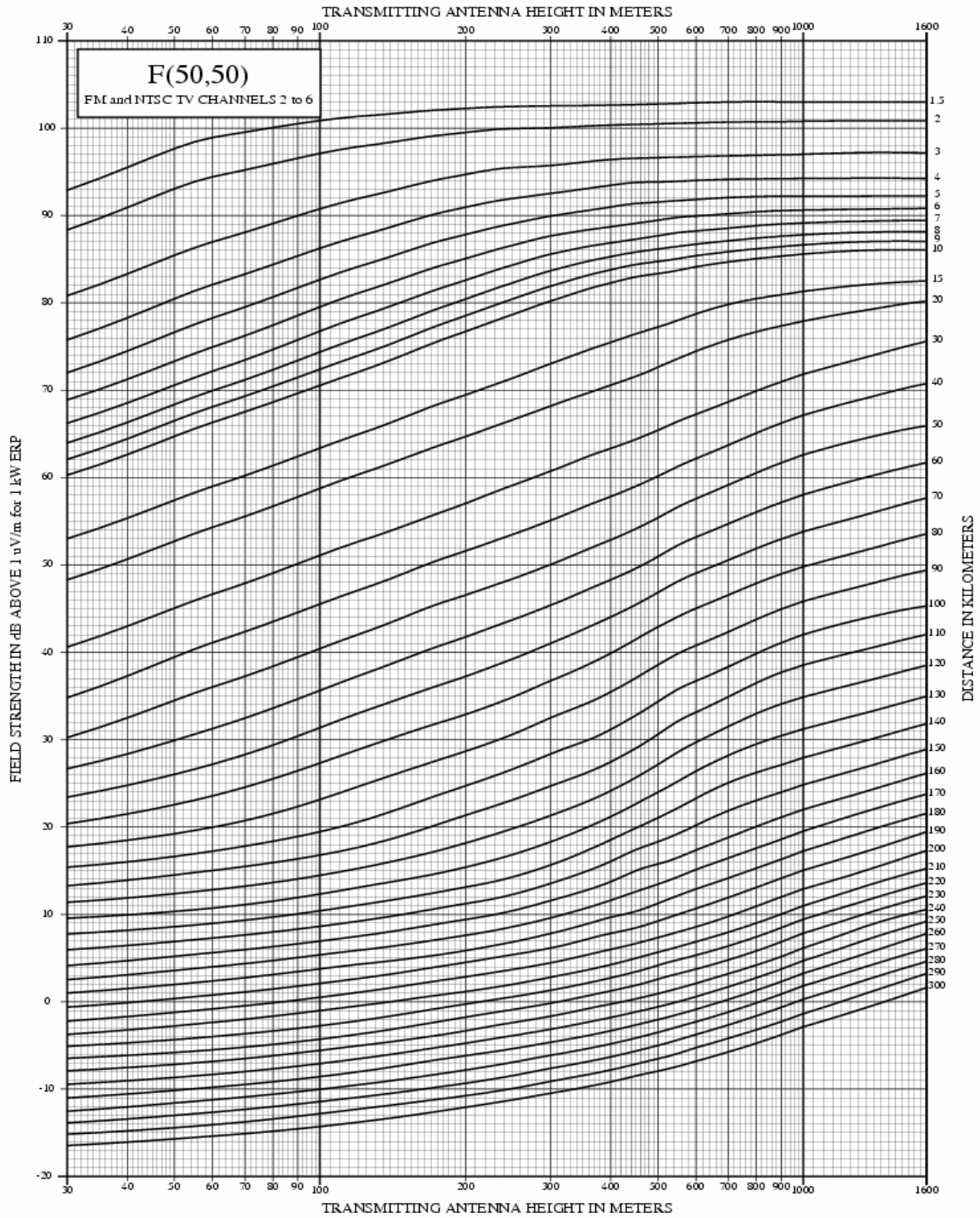


Figura 18. Curvas F(50,50) para los canales VHF del 2 al 6
Fuente: (FCC, 2015)

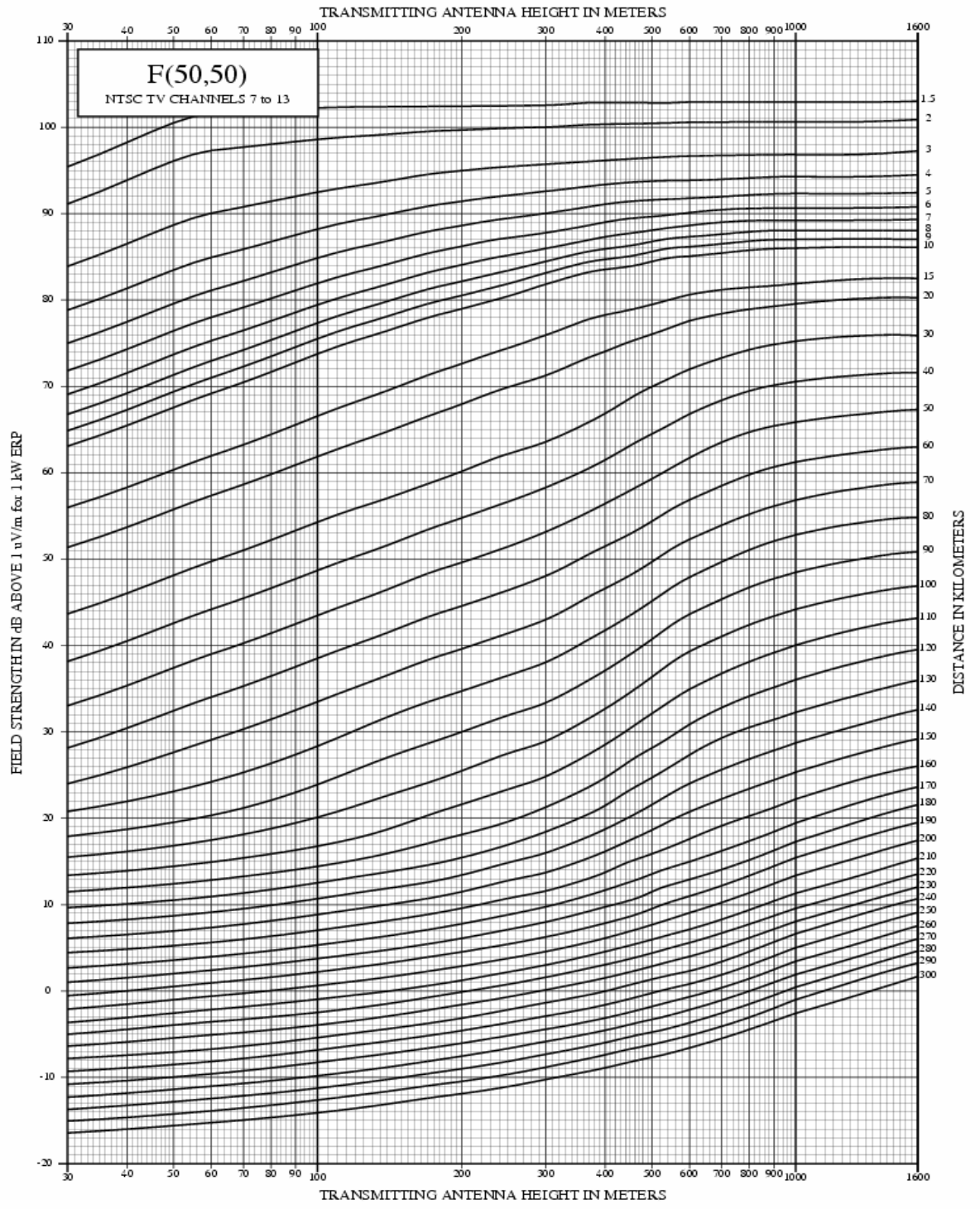


Figura 19. Curvas F(50,50) para los canales VHF del 7 al13
Fuente: (FCC, 2015)

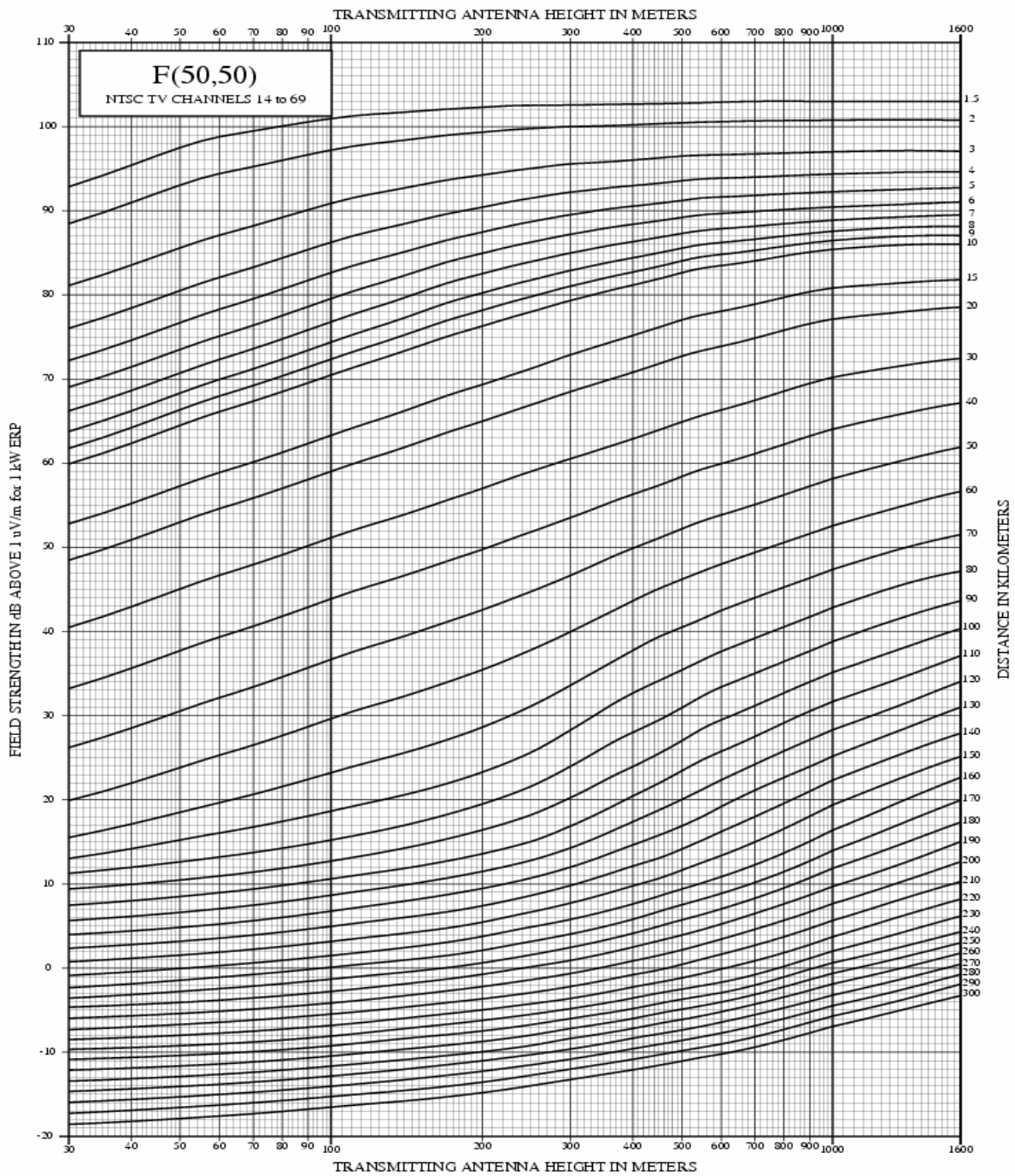


Figura 20. Curvas F(50,50) para los canales VHF del 14 al 69
Fuente: (FCC, 2015)

2.3.15.5 Modelo Cost 231 (extensión del método Hata)

Fué desarrollado por la Cooperativa Europea para Investigación Científica y Técnica (EURO-COST), a partir del Modelo Hata, trabajando con las frecuencias de televisión VHF y UHF, pero esta vez, prolongando el rango de trabajo hasta los 2 GHz. Incorpora al cálculo las pérdidas por dispersión.. (Treviño Cortés, 2003).

Esta está determinada en la ecuación 29:

$L_{50(URBANO)}(dB) = 46.3 + 33.9 * \log(f_c) - 13.82 * \log(h_{re}) + (44.9 - 6.55 * h_{te})\log d + C_M$	<i>Ecuación 29</i>
--	--------------------

“C_M” es un factor de corrección para adecuar el modelo extendiendo el rango de frecuencia para el cual opera el modelo de Hata. Los valores para este factor varían:

C_M = 0 dB para ciudades medianas y zonas periféricas.

C_M = 3 dB para ciudades metropolitanas.

Para este método, los valores para las variables están definidos así:

f_C = de 1500MHz a 2000 MHz

h_{te} = de 30 m a 200 m

h_{re} = de 1 m a 10 m

d = de 1 km a 20 km

2.3.15.6 Método de Xia

Este método se diferencia en que puede ser aplicado a antenas de menor o igual altura que los edificios adyacentes a la estación transmisora. Por supuesto, también puede ser aplicado a los casos en que la antena de transmisión es más alta que las construcciones.

Está pensado para entornos urbanos y semi urbanos.

Otra diferencia con los modelos anteriores es que éste método es analítico. Se basa ante todo en cálculos para tomar en cuenta la difracción multipantalla que se hace presente cuando hay construcciones aledañas de gran altura.

En este modelo, la pérdida de propagación está señalada por la ecuación 30:

$$L(\text{dB}) = L_{bf} + L_{msd} + L_{rts} \quad \text{Ecuación 30}$$

Donde:

L_{bf} Es la pérdida en espacio libre

L_{msd} Es la pérdida por difracción multipantalla desde la antena de la estación transmisora hasta un punto "P" del edificio próximo al receptor.

L_{rts} Es la pérdida "tejado – calle" que tiene en cuenta la difracción en el punto "P" y la reflexión en el edificio de enfrente.

Las ecuaciones que expresan estas pérdidas son:

$$L_{hf} = 32.45 + 20 * \log(d) - 13.82 + \log(f) \quad \text{Ecuación 31}$$

$$L_{msd} = 68.87 - 18 * \log(\nabla h_b) + 18 * \log(d) - 9 * \log(b) - 9 * \log(f) \quad \text{Ecuación 32}$$

$$L_{msd} = 11.82 - 10 * \log(r) + 10 * \log(f) - 20 * \log\left(\frac{1}{\phi} - \frac{1}{2 * \pi + \phi}\right) \quad \text{Ecuación 33}$$

Para la ecuación 15 se tiene:

$$r = \left[\left[(\nabla h_m)^2 + \left(\frac{w}{2}\right)^2 \right] \right]^{1/2} \quad \text{Ecuación 34}$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{\nabla h_m}{w/2} \right) \quad \text{Ecuación 35}$$

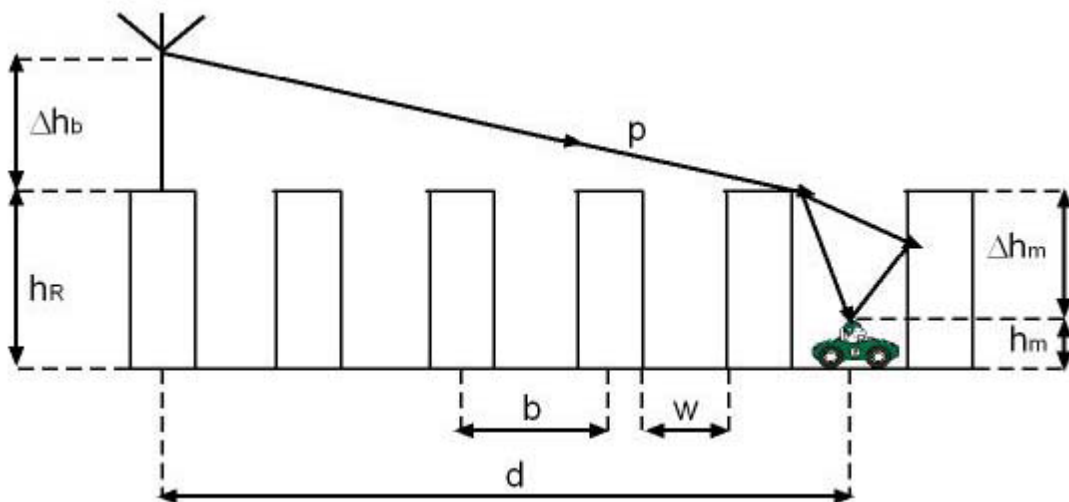


Figura 21. Modelo geométrico y parámetros asociados del Método de Xia
Fuente: (FCC, 2015)

2.3.16 Interferencia

En telecomunicaciones, la interferencia es cualquier fenómeno que altere la propagación de una señal entre el transmisor y el receptor, impidiendo una correcta comunicación. Un ejemplo es cuando señales electromagnéticas no previstas irrumpen en la comunicación, alterando la información.

Se pueden señalar dos tipos principales de interferencias en televisión:

2.3.16.1 Interferencia cocanal

Se da cuando una señal es alterada por una señal electromagnética que se halle en la misma frecuencia de modulación. Suelen ser frecuencias armónicas provenientes de alguna señal de radio o telecomunicaciones.

2.3.16.2 Interferencia por canal adyacente

Se da cuando una señal en una frecuencia adyacente “invade” la frecuencia de trabajo. Esto se da a problemas en la filtración de la señal.

2.3.17 Enlace satelitales

Un satélite es un artefacto de telecomunicaciones ubicado en el espacio exterior y orbitando la Tierra, ubicado siempre sobre un mismo punto de ésta. Su función es recibir una señal de telecomunicaciones y retransmitirla a cualquier parte del Mundo que tenga visible. Si no es así, transmitirá esta señal a una red de satélites que cubra el otro lado del planeta .En el caso de la Televisión esto se llama transmisión vía satélite.

Los llamados satélites geoestacionarios se encuentran a 35.860Km sobre cualquier punto de la línea Ecuatorial del planeta Tierra. Se les dice geoestacionarios porque, como se indicó arriba, se mantienen fijos sobre un mismo punto sobre la Tierra,

Los satélites trabajan en tres bandas de operación. Estas son:

Banda C 6GHz Entre 3.7 y 4,2 GHz

Banda Ku 14GHz Entre 10.9 y 12.75

Banda Ka 30GHz Entre 18 y 20 GHz

Por disponibilidad de antenas compatibles y por su nivel de seguridad contra interferencias, la banda C tiene mayor difusión a nivel mundial.

Las otras dos bandas usan los satélites con más eficiencia, pero su potencia se altera fácilmente con las variaciones climáticas, por lo que necesitan mayor potencia de transmisión.

La señal que trabajan los satélites es encriptada. Es decir, sólo el cliente en Tierra que tenga el código correcto de decodificación podrá descryptar la señal para disponer comercialmente de ella.

2.3.17.1 Modelos de enlace del sistema satelital

El sistema satelital consiste en:

- Estación Terrena transmisora.
- Enlace de subida.
- El transponder satelital.
- Enlace de bajada.
- La estación terrena receptora.

2.3.17.1.1 Modelo de subida

La sección de subida de un sistema satelital está conformado por el transmisor de la estación terrena, el cual tiene:

- Un modulador de IF (Frecuencia Intermedia) que convierte la señal en una modulación FM, PSK, o QAM (modulación en Frecuencia, Fase o Amplitud en Cuadratura respectivamente).
- Un convertidor de microondas que convierte la señal a una RF compatible con transmisión en microondas.
- Un amplificador de alta potencia que aumenta la ganancia de la señal para ser irradiada.
- Filtro pasa-banda que deja pasar sólo la señal de trabajo, eliminando sus posibles armónicas.

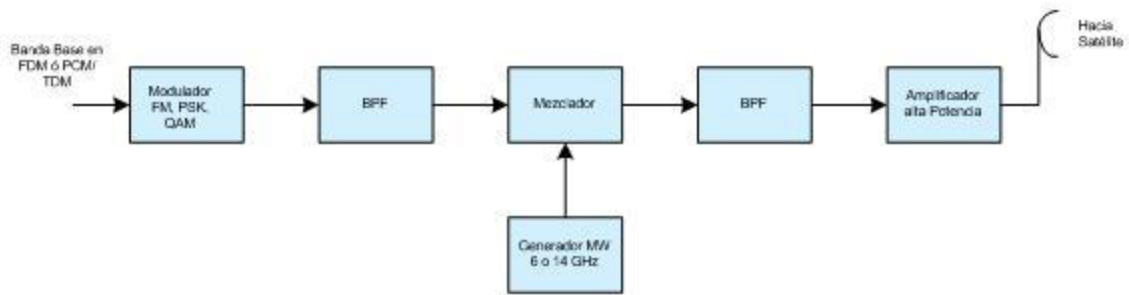


Figura 22. Diagrama de Bloques de la sección de subida de un satélite.

2.3.17.1.2 El transponder

El transponder está en el satélite y está compuesto por

- Un filtro pasa bandas (BFP) que elimina el ruido. Así mismo selecciona el canal para el que trabaja el transponder.
- Amplificador de bajo ruido (LNA)
- Translador de frecuencia, convierte la señal a una frecuencia de banda baja.
- Amplificador de baja potencia, que amplificará la señal y la enviará a la estación terrena.

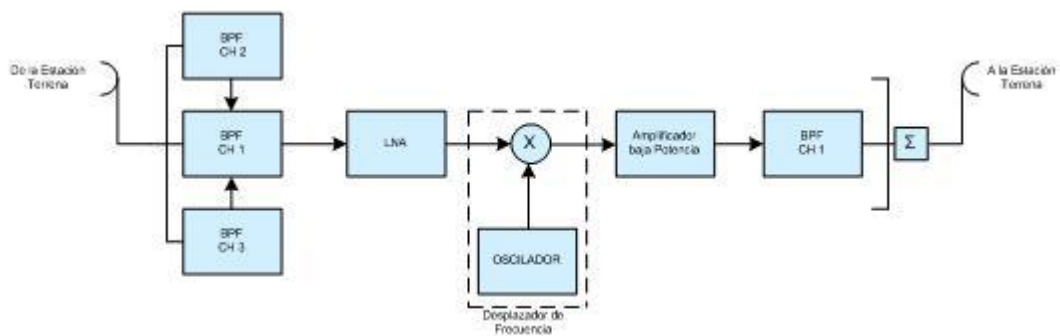


Figura 23. Diagrama de Bloques del Transponder de un satélite

2.3.17.1.3 Modelo de bajada

El receptor de estación terrena también es conocido como sección de bajada y se compone de:

- Un filtro pasa-bandas (BPF) que elimina el ruido.
- Un Amplificador de bajo ruido (LNA).
- Un conversor de RF a IF, para pasar la señal a un demodulador. Luego esta señal se demodula para luego ser entregada en banda base. De allí será ingresada al transmisor convencional de TV para ser retransmitida localmente.

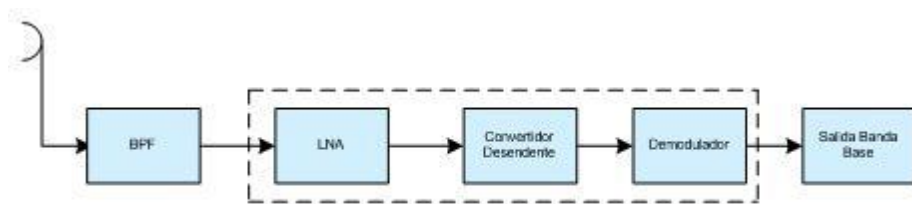


Figura 24. Diagrama de Bloques de la sección de bajada de un satélite

2.3.18 Fibra óptica

Es un nuevo sistema de transmisión de datos a través de secuencias luminosas que se realizan a gran velocidad. Este sistema aprovecha la velocidad de la luz (300 000 Km/s) por lo que la velocidad de transmisión es prácticamente instantánea, superando los inconvenientes como el retraso o “delay” que se daban con la transmisión analógica.

El equipo transmisor cuenta con un diodo emisor de luz, led o laser. En el receptor se requiere un fotodiodo. No se requieren grandes potencias.

Su operación a frecuencias considerables asegura el traslado de grandes cantidades de información, lo que puede traducirse a audio y video de alta calidad.



Figura 25. Diagrama de Bloques de un sistema de comunicación óptico

El haz de luz que viaja a través de la fibra puede seguir diferentes modos de propagación. Por ello pueden clasificarse en fibras monomodo y fibras multimodo.

2.3.18.1 Fibra monomodo

Es un tipo de fibra cuyo núcleo, por donde viaja el haz luminoso tiene un diámetro tan pequeño que solo permite un modo de propagación, sin que el haz de luz rebote contra las paredes internas. Esto permite una gran confiabilidad al momento de transmitir información, lo que permite que pueda ser usada en distancias de hasta más de 300 km.

2.3.18.2 Fibra multimodo

Al tener un núcleo con mayor diámetro, la fibra multimodo permite que viajen más de un haz de luz y a diferentes trayectorias, reflejándose contra las paredes internas del cable óptico. Sin embargo, por esta misma característica es aconsejable su uso solo en distancias cortas.

2.3.19 Enlace microondas

En el canal de televisión es importante tener la capacidad de recibir señal de video y sonido desde cualquier localización diferente al estudio del canal. La tecnología adecuada para esto es el sistemas microondas. Este consta de un transmisor en la localización móvil, un receptor en el estudio, y eventualmente algunos repetidores. La frecuencia de trabajo del sistema microondas varía entre 3GHz y 300 GHz, y su longitud de onda va desde 1mm hasta 1m.

Una característica de las ondas electromagnéticas a estas frecuencias es que se irradian fácilmente a través de sus correspondientes antenas, por lo que tienen que usar guías de onda.

En la Tabla 1 se presenta como está constituido el espectro de las frecuencias de microondas.

Tabla 1.
Espectro de frecuencias de microondas

Banda	Frecuencia	λ (long. de onda)	Uso
EHF Extremely high frequencies	30 GHz a 300 GHz	1mm a 10 mm	Comunicaciones diversas. Radar de navegación.
SHF Super high frequencies	3 GHz a 30 GHz	10 mm a 100 mm	Radar, radio, satélite. Usos industriales. Fisioterapia.
UHF Ultra high frequencies	300 MHz a 3 GHz	100 mm a 1m	Horno microondas. Usos industriales y médicos. Fisioterapia, TV.

Para aumentar la distancia de trabajo entre los enlaces microondas se suelen usar repetidoras que reciben la señal, la amplifican y la vuelven a emitir.

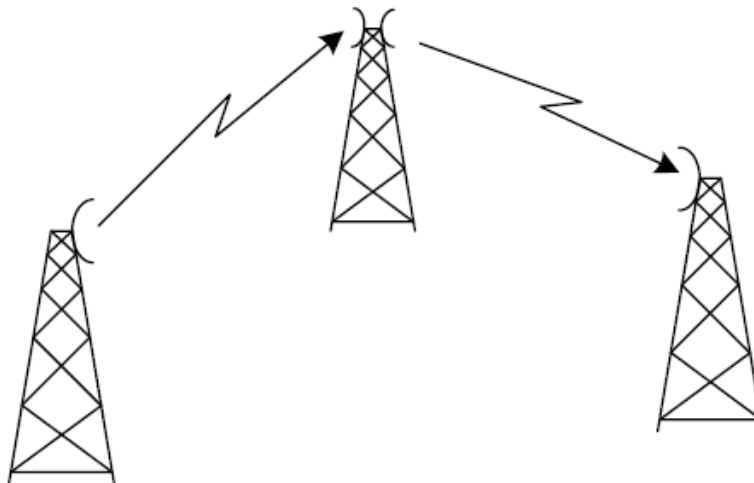


Figura 26. Radio enlace con estación repetidora

2.3.19.1 Factores que determinan el alcance de la señal de microondas

A la hora de implementar un sistema microondas se deben tomar en cuenta varios factores para asegurar una correcta transmisión y sin problemas. Estos son ante todo, la potencia del Transmisor del microondas, y la sensibilidad del receptor.

Es por ello muy importante tomar en cuenta la calidad de los equipos.

Se debe tomar en cuenta también que la señal electromagnética tiene menor alcance mientras mayor sea su frecuencia.

Hay que considerar la ganancia de las antenas. Para una misma antena, a mayor frecuencia, mayor ganancia..

Por último, se deben considerar las pérdidas del espacio libre y de los conectores.

2.3.19.2 Factores que influyen en el rendimiento del enlace

Se puede mejorar la relación señal ruido en el receptor, aumentando la potencia del transmisor, siempre que ésta no llegue a tomar valores inaceptables para el diseño del enlace.

Hay que tomar en cuenta las pérdidas en el espacio libre, lo que va de mano también con la ganancia de la antena receptora. En el circuito comercial, los equipos para enlaces microondas que se hallan en el mercado trabajan para distancias recomendadas de entre 50 y 80 Km entre transmisor y receptor.

2.3.20 Factores que se deben tomar en cuenta al elegir un medio de transmisión para una red

Ante todo se debe tomar en cuenta qué tipo de información se está modulando, si son datos, voz, o video.

Para instalar la red se debe tomar en cuenta la parte física de los edificios donde va a ser instalada. No se debe obviar las distancias, interferencias, interrupción de líneas de vista.

Hay que asegurarse de conocer cuáles son los requerimientos del proyecto para ser capaz de cumplir con ello.

Es conveniente implementar configuraciones “redundantes” que puedan sostener la operatividad del sistema ante cualquier percance.

Por último hay que tomar en cuenta la economía. Un proyecto demasiado caro termina siendo inviable.

2.3.21 Diversidad

Un fenómeno que se da en la transmisión de enlaces punto a punto es el multitrayecto. Este ocasiona atenuamientos de la señal y pérdida de información.

Los multitrayectos se producen por reflexiones en paredes lejanas al receptor. Para corregir esto se usan técnicas de diversidad o ecualizaciones.

La diversidad en recepción se usa obteniendo caminos de propagación independientes, con señales relacionadas entre sí. Diversidad espacial

2.3.21.1 Diversidad espacial.

En el receptor se usan dos antenas idénticas y separadas lo suficiente para asegurarse que las señales que reciban sean diferentes o independientes entre sí.

El receptor escoge la señal con mayor amplitud.

2.3.21.2 Diversidad por polarización.

En la estación receptora se usan dos antenas similares pero con polarización distinta. Es decir, son perpendiculares entre ellas. Si como consecuencia de la

reflexión o refracción una señal se despolariza, será captada por una de ambas antenas.

2.3.21.3 Diversidad de frecuencia.

Este caso es para prevenir el llamado desvanecimiento Rayleigh, el cual es selectivo en frecuencia. Se transmite en varias tramas, y para cada trama se cambia la frecuencia, disminuyendo la probabilidad de tener un desvanecimiento.

Esto se conoce como Salto Lento en Frecuencias o SFH.

2.3.22 Espectro radioeléctrico

El Espectro Radioeléctrico disponible fue determinado por el Consejo Consultivo Internacional de las comunicaciones de Radio (CCIR) en 1953. Esta entidad dividió el Espectro en nueve bandas de frecuencia. Ver Tabla 2.

Tabla 2.
División del espectro radioeléctrico

Margen de Frecuencias	Designación por su Frecuencia	λ (long. de onda)	Designación por longitud
3 kHz a 30 kHz	VLF Very Low Frequency	100km a 10km	Miriamétricas
30 kHz a 300 kHz	LF Low Frequency	10km a 1km	Kilométricas
300 kHz a 3.000 kHz	MF Médium Frequency	1km a 100m	Hectométricas
3 MHz a 30 MHz	HF High Frequency	100m a 10m	Decamétricas
30 MHz a 300 MHz	VHF Very High Frequency	10m a 1m	Métricas
300 MHz a 3.000 MHz	UHF Ultra High Frequency	1m a 10cm	Decimétricas
3 GHz a 30 GHz	SHF Super High Frequency	10cm a 1cm	Centimétricas
30 GHz a 300 GHz	EHF Extremely High Frequency	1cm a 1mm	Milimétricas
300 GHz a 3.000 GHz	EHF Extremely High Frequency	1mm a 0,1mm	Milimétricas

Así mismo, la UIT asignó 3 regiones para la distribución de frecuencias en el planeta.

Región 1: Europa, África, Medio Oriente, Mongolia, Repúblicas de la ex-Unión Soviética.

Región 2: Los países de América.

Región 3 el resto del mundo, incluyendo Asia y Oceanía.

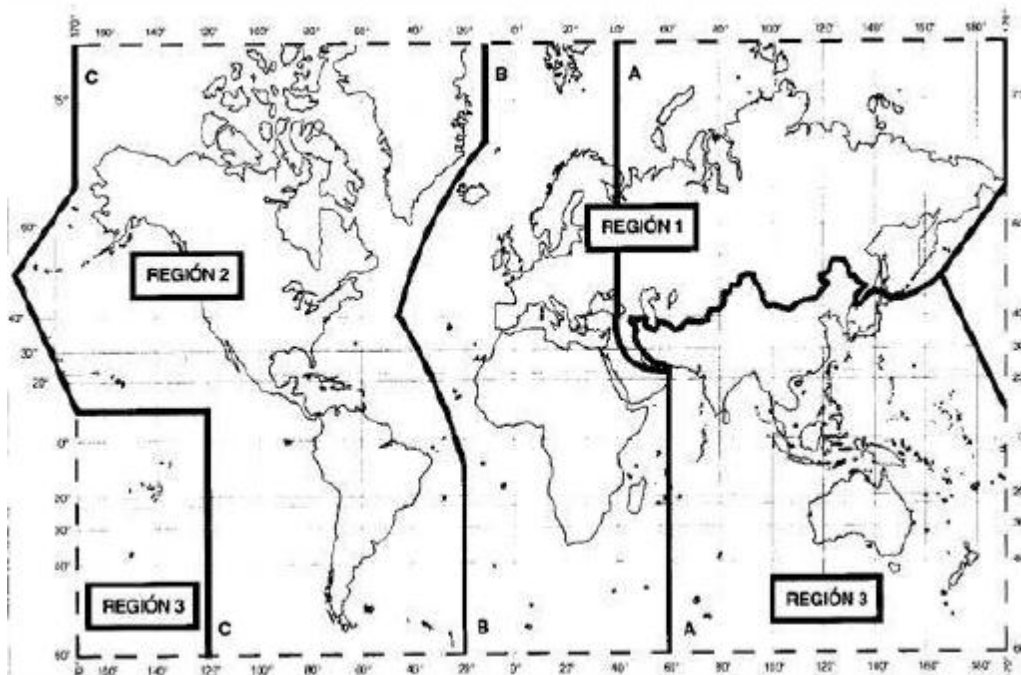


Figura 27. División de regiones establecida por la UIT
Fuente: (UIT, 2009)

2.3.23 Antena Parabólica de Recepción

Dado que la señal que se va irradiar en la comunidad de Acos viene del satélite, se requiere primero un sistema que permita recabar esta señal desde el mismo. La primera parte de este sistema es la Antena Parabólica de Recepción. Consta de dos partes importantes.

Reflector Parabólico. Que refleja la señal electromagnética irradiada desde el satélite y la refleja concentrándola en un foco.

LNB (Especificado para la Banda de Trabajo del satélite). Es el elemento que recibe la señal del satélite enfocada por el reflector y la transmite al cable coaxial para que se le realice el proceso que sea necesaria.

Existen también cuatro tipos de antenas, según (Bozzeta Valdivia, 2011), estas son:

2.3.23.1 Antena parabólica de foco primario

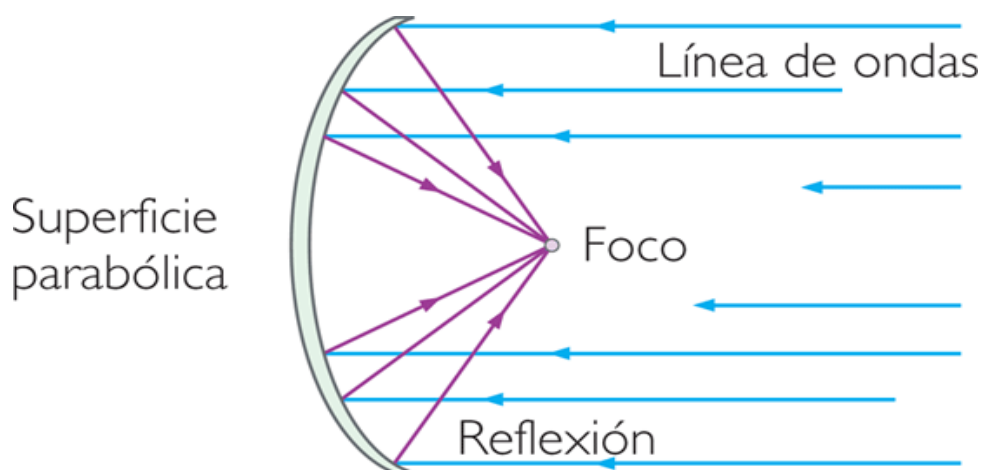


Figura 28. Forma en que la luz incide en la parabólica de foco primario.
Fuente: (Blog, 2001)

La antena está diseñada de manera que toda onda que llegue a su cara interior se reflejará directamente al foco donde está ubicado el detector de la antena.

Debido a la sombra que éste mismo hace, se pierde rendimiento, llegando este al 60%. Esta clase de antenas suele tener un diámetro de 1.5 metros, y se usan para recepción de satélite.

2.3.23.2 Antena Parabólica Offset:

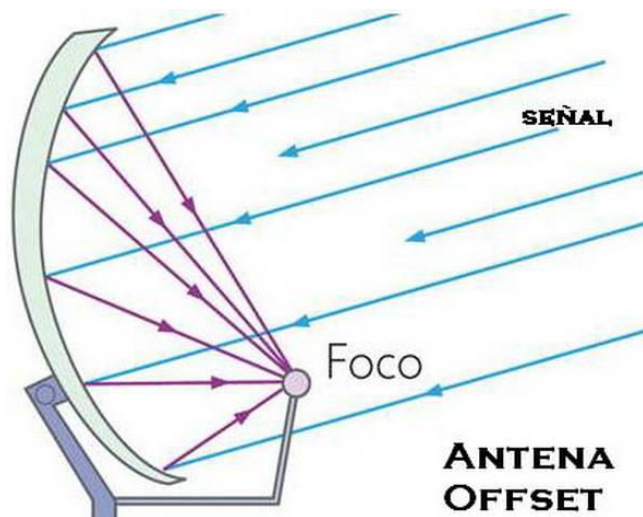


Figura 29. Antena Offset.
Fuente: (Blog, 2001)

Es algo similar a la de foco primario, con la mejora que su foco está ubicado mas abajo, de manera que mayor parte de la superficie interna puede recibir las ondas electromagnéticas. Tiene un rendimiento de 70%.

2.3.23.3 Antena parabólica Cassegrain

A diferencia de las otras parabólicas, ésta tiene dos reflectores, uno es el principal y el otro es un subreflector, ubicado donde debía estar el foco.

Las ondas inciden en el reflector principal, se reflejan y van al subreflector, donde se reflejan nuevamente para de allí encaminarse al detector, ubicado en la

superficie del reflector principal. Este sistema se emplea en antenas grandes de difícil

mantenimiento. Ver figura 30.

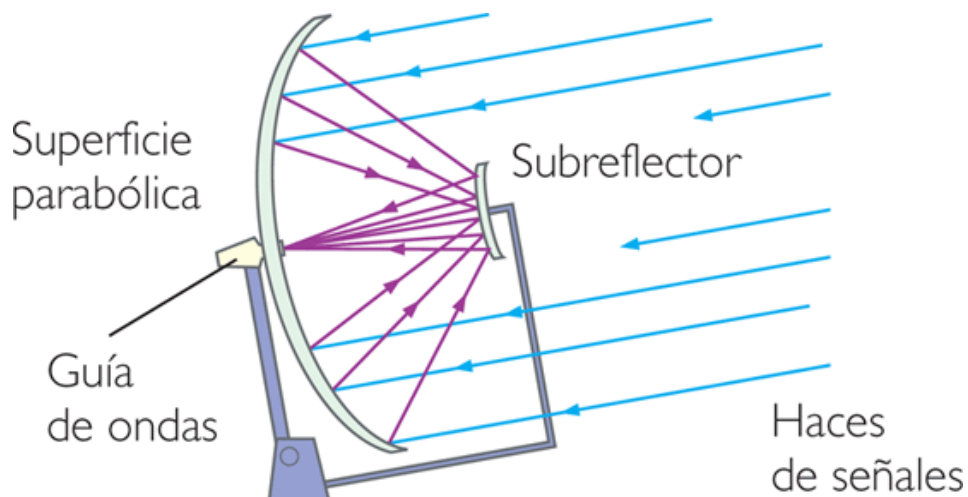


Figura 30. Antena Cassegrain, con dos reflectores.
Fuente: (Blog, 2001)

2.3.23.4 Antenas planas

Se están utilizando mucho actualmente para la recepción de los satélites de alta potencia (DBS), como, por ejemplo, el Hispasat. Este tipo de antena no requiere un apuntamiento al satélite tan preciso, aunque lógicamente hay que orientarlas hacia el satélite señalado.

La antena que se propone para el presente trabajo es una parabólica de foco primario, en la cual el LNB se halla ubicado en el foco del reflector parabólico.



Figura 31. Antena Parabólica ubicada en San Miguel de Acos
Fuente: Elaboración propia

Este dispositivo puede servir tanto para emisión como para recepción. En el caso de la recepción, al estar orientada correctamente hacia el satélite según los datos del proveedor de dicho servicio, las ondas electromagnéticas son reflejadas hacia el LNB. De allí partirá un cable coaxial hacia el decodificador de satélite.

2.3.24 Potencia Radiada Efectiva (E.R.P por sus siglas en ingles)

Es la Potencia en RF que realmente es irradiada hacia el espacio. Esta dada por la ecuación Potencia del Transmisor – Perdida del cable + Ganancia de la Antena.

2.3.25 Receptor de Satélite

Este equipo recibe la señal en FI desde el LNB y la convierte en una señal de video estándar. En el caso particular de este trabajo, transforma la señal recibida a través del cable coaxial en video compuesto, acompañado por la señal de audio en L y R.

A través del conector de entrada de RF, emite 18V DC para alimentar el LNB.

El modelo a usar debe estar homologado en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones y por tanto ser apto para su uso en el territorio nacional peruano.

Sistema Irradiante. Teniendo la señal en el cuarto de transmisión, ya modulada en señal comercial y estando ya amplificadas, es necesario irradiarla a la comunidad.

Antenas. Pueden ser de fabricación nacional y también importadas. Tienen que estar diseñadas y ajustadas a la frecuencia que se va a utilizar. Además, deben estar homologadas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Torres. Existen dos tipos importantes, las torres Autosoportadas y las torres Ventadas. Las torres autosoportadas tienen base ancha y generalmente son de mayor altura y masa por lo que pueden soportar mayor peso. Se usan cuando se

van a usar varios elementos irradiantes, situación generalmente necesaria en ciudades de gran área.

Las torres ventadas son más ligeras, modulares, y necesitan cables tensores (llamados vientos) para mantenerse estables. Este tipo es el que se usará en el presente proyecto.

2.3.26 Sistema Satelital Intelsat.



Figura 32. Distribución de Satélites Intelsat sobre la superficie terrestre
Fuente: (Intelsat, 2019)

Intelsat es una empresa proveedora del servicio de comunicación a través de vía satélite. Según su propia página corporativa, Intelsat posee en el año 2017, 52 satélites en órbita Geoestacionaria. Esto es, en órbita sobre el Ecuador terrestre. El Satélite destinado para el servicio de América Latina es el Intelsat 14, ubicado a 45° Oeste. (Intelsat, 2019)

Los sistemas satelitales trabajan en 3 bandas, C (4 a 6 GHz), Ku (12 a 18 GHz) y Ka (18 a 40 GHz). La banda de trabajo para el presente trabajo es la banda Ku.

2.3.27 Transmisor de TV

Se encarga de modular la señal de audio/ video entregada por el receptor de satélite y modularla a la señal de televisión analógica en formato NTSC. Debe estar homologado en el MTC y consta de dos etapas: el modulador (convierte la señal de audio/video en RF) y el Amplificador (Etapa de Potencia).

2.4 Criterio de la Investigación.

El presente trabajo es una investigación del tipo descriptivo y proyectivo. Se refiere a recopilar datos, procedimientos y características técnicas de diversas fuentes a fin de aplicar estas tecnologías al objetivo indicado, que es retransmitir la señal de televisión de TV PERU a la localidad de Acos.

La forma de instalación se establece según los datos técnicos de los equipos, utilizados y el conocimiento ya adquirido sobre la propagación electromagnética. Las pruebas se realizarán una vez ya instalados los Sistemas.

Se hará una prueba de cobertura con los receptores de TV analógicos de la comunidad, una vez terminada la instalación, procediendo luego a realizar los ajustes necesarios en la potencia de transmisión.

La solución propuesta y por desarrollarse a continuación en este trabajo es, en este caso, teórica.

CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1 Ubicación de la planta retransmisora.

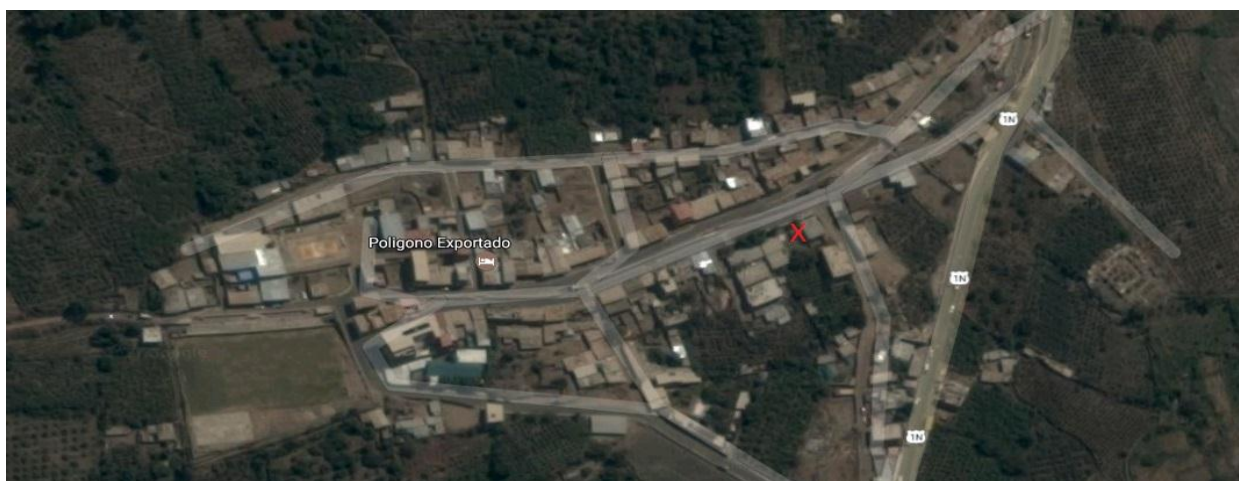


Figura 33. Vista satelital de San Miguel de Acos. La "X" señala el punto donde está la Planta
Fuente: (GoogleMaps, 2019)

Se dispone de un terreno en medio de la población. Tenemos un amplio patio y una caseta donde pueden ir los equipos como el transmisor y el receptor de satélite.

Al lado de la caseta se construye una torre ventada de 25 m de altura en la cual se han instalado los elementos radiantes que transmitirán la señal hacia la población.

3.2 Pruebas con simulación de Radiación

A continuación, se presentan gráficos de simulación de radiación considerando un transmisor de VHFII en 50 vatios de potencia. Las coordenadas de la planta de transmisión son: $11^{\circ} 16' 25.82''$ S y $76^{\circ} 49' 10.86''$ O.

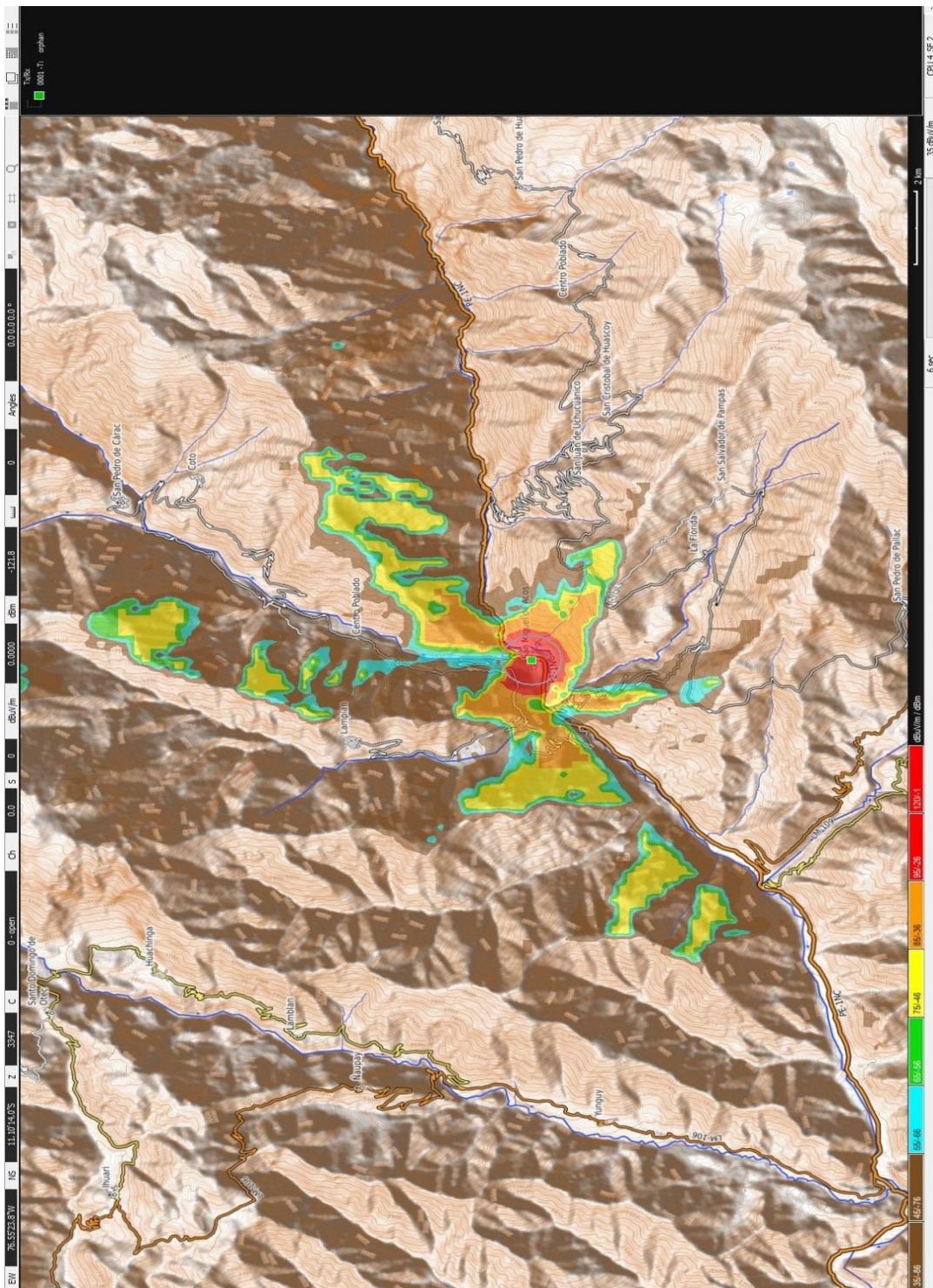


Figura 34. Simulación de Radiación a 50w en San Miguel de Acos.
Fuente: (Elaboración propia)

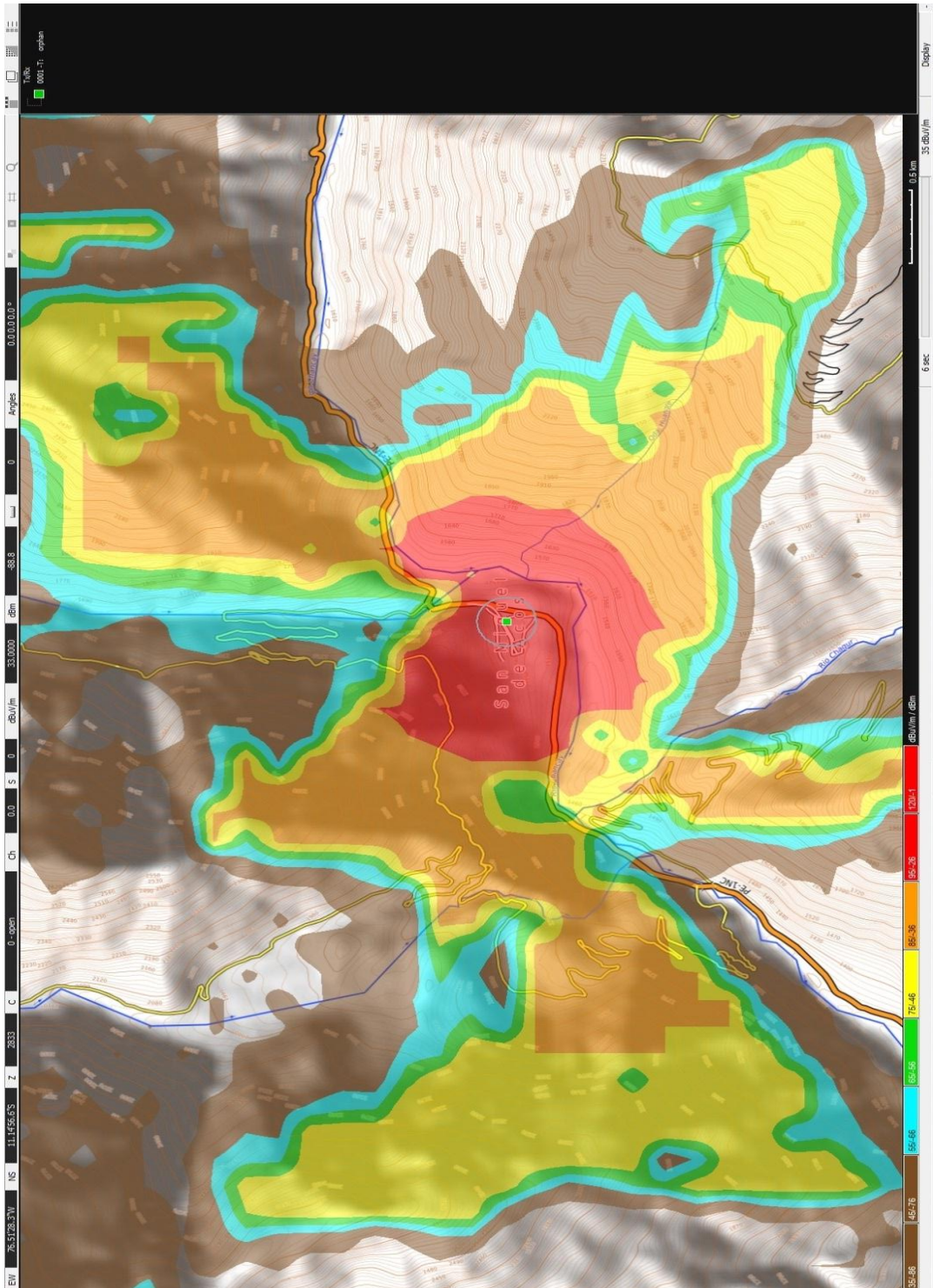


Figura 35. Detalle de simulación de Radiación a 50w en San Miguel de Acos.
Fuente: (Elaboración propia)

La zona en rojo indica el área donde la potencia irradiada esté en valores cercanos a -26 dBm.

En ese caso, la cobertura alcanzará a la totalidad del área ocupada por el centro poblado, por lo que se puede proceder con implementar el equipo.

3.3 Elementos necesarios para la puesta en marcha del sistema

Se necesita definir la marca y modelo de cada componente, tomando en cuenta los costos y sus capacidades técnicas. Presentaremos dos propuestas para cada caso:

3.3.1 Transmisor de TV VHF

Tabla 3.
Comparación de Transmisores FM.

TRANSMISOR	OPCION 1	OPCION 2
MODELO	DITEL TDV50	db MTV50
CARACTERISTICAS	Bandas I y III VHF Potencia 50W Temperatura -5° a 50° Altura 5000m	Bandas I y III VHF Potencia 50W Temperatura -5° a 45° Altura 6000 m
PRECIO	\$3500	\$4000

Fuente: Elaboración Propia

Debido a que San Juan de Acos se encuentra a 1576 m.s.n.m. la altitud límite no es relevante por lo que se escoge la opción 1.

3.3.2 Receptor de Satélite

Tabla 4.
Comparación de receptores de satélite

RECEPTOR	OPCION 1	OPCION 2
MODELO	Zatbox Radical	One Tech DVB2018
CARACTERÍSTICAS	2 Entradas RF tipo “F” para LNB1 y LNB2. Salida de audio y video por HDMI.	Entrada RF tipo “F” Salida de Audio L y R, video compuesto. RCA. Salida de Video HDMI
PRECIO	\$103.00	\$83.00

Fuente: Elaboración Propia

Si bien la opción 1 tiene mayor precio por manejar más señales, nosotros solo necesitamos una, además nuestros equipos se manejan con conectores RCA, por lo que optamos por la opción 2.

3.3.3 Antena Parabólica

Se tomarán como opciones dos propuestas de antenas que están recomendadas para el uso de señal de televisión:

Tabla 5.
Comparación de Antenas Parabólicas

Antena (incluyendo pedestal)	LNB y	OPCION 1	OPCION 2
Modelo		Antena: Patriot PRT-310AZ LNB: PAT-8515	Prodel in: 1252/1253 LNB: 8115N
Características Técnicas		G/T[dB/°K]=21.1 Señal/Ruido=45.33 dB	G/T[dB/°K]=20.4 Señal/Ruido=47.73 dB
Precio		\$1817	\$1786

Fuente: Elaboración Propia

Se puede apreciar que ambas propuestas cumplen con los requerimientos necesarios para el funcionamiento del sistema, por lo que se escoge en este caso la propuesta más económica que es la opción 2.

3.3.4 Antenas de Transmisión

Tabla 6.
Comparación de Antenas de Transmisión.

Sistema de 4 elementos con distribuidor y latiguillos	OPCION 1	OPCION 2
Modelo	Aldena ADB010421x	Ryma AT13-111
Características	Dipolo de Aluminio Banda de 174 a 230 MHz Patrón Casi Omnidireccional	Dipolo Acero Galvanizado Banda de 174 a 216 MHz Patrón Omnidireccional configurable a Casi Omnidireccional
Precio	\$2000	\$3000

Fuente: Elaboración Propia

La opción 2 tiene características más interesantes, debido a que la antena puede utilizarse más adelante en otra configuración. Sin embargo, se trata de un futuro no concreto y se opta por economizar recursos. Se toma la opción 1.

3.4 Puesta en marcha del sistema

Debemos empezar por la recepción satelital. En el marco teórico se estableció que usaremos la señal del Satélite Intelsat 14, ubicado a 45° Longitud Oeste. Hay que determinar la elevación y el ángulo con los datos del satélite.

Primero debemos establecer la Latitud y Longitud de San Miguel de Acos. Con esos datos podemos hacer los cálculos.

Latitud: 8°S

Longitud : 77°O

Los datos del Satelite Intelsat 14:

Latitud: 0°

Longitud: 45°

Aplicando las fórmulas del capítulo 2 tenemos:

$$\Phi = 77^\circ - 45^\circ = 32^\circ$$

$$\Theta = 8^\circ$$

El ángulo de elevación de la Parabólica será entonces, según la fórmula

$$\beta = \arccos(\cos(32^\circ) * \cos(8^\circ))$$

$$\beta = 32.88$$

$$\Delta = \arctan\left(\frac{\cos(32.88) - 0.151269}{\text{sen } 32.88}\right) = 51.7^\circ$$

Elevación $\Delta = 51.7^\circ$

El azimuth:

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{\tan(32^\circ)}{\tan(8^\circ)}\right) = 77^\circ$$

Estos resultados pueden verificarse en páginas ONLINE de cálculo de Azimuth y Elevación, como puede verificarse por ejemplo en

The screenshot shows the 'Calculadora para los ángulos de azimuth y elevación' page on the Satlex website. The interface is in Spanish. The main content area is titled 'Introducir el satélite y el lugar de emplazamiento de la antena'. It contains several input fields and a 'Calcula' button. Below the inputs, there are two diagrams: one showing the antenna's orientation with 'Inclinación LNB' and another showing the azimuth angle with 'Ángulo azimuth'. The results section, titled 'Resultados para el lugar de emplazamiento de la antena', lists various parameters including azimuth, elevation, LNB inclination, offset angle, distance to the satellite, signal delay, declination angle, and motor degrees. The satellite selected is IntelSat 14 (45.0° O).

Inputs:
 - Posición orbital y el satélite: 45.0° Oeste : IntelSat 14
 - Posición orbital cualquiera: [] s Este
 - Lugar de emplazamiento de la antena (ciudad/país): Lima
 - País: Perú (pe)
 - Diámetro de la antena (anchura): 75 cm
 - Diámetro de la antena (altura): 80 cm

Results:
 - Ángulo azimuth: 77.47° (True North)
 - Ángulo de elevación: 51.70°
 - Inclinación LNB: 75.17°
 - Ángulo offset: 20.36°
 - Distancia hasta el satélite: 36973.67 Km
 - Tendencia de la señal: 246.49 ms (Uplink + Downlink)
 - Ángulo de declinación: 1.37°
 - El ángulo de la montura polar: 37.24°
 - Los grados del motor: 142.76° Este
 - El satélite: IntelSat 14 (45.0° O)

Figura 36. Calculadora para los ángulos de azimuth y elevación
 Fuente: (Satlex, 2019)

Calculadora para los ángulos de azimut y elevación

Lugar de emplazamiento:

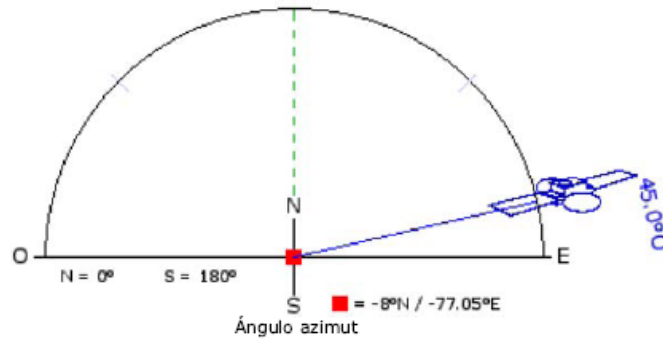
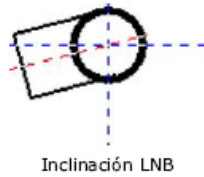
© Copyright by
www.satlex.de

Latitud:
-8° N (8° 0' 0")

Longitud:
-77.05° E (77° 2' 59")

Ciudad:
[desconocido]

País:
Perú



Resultados para el lugar de emplazamiento de la antena:

Ángulo azimut:
77.47° (True North)

Ángulo de elevación:
51.70°

Inclinación LNB:
75.17°

Ángulo offset:
20.36°

Distancia hasta el satélite:
36973.67 Km

Tardanza de la señal:
246.49 ms (Uplink + Downlink)

Ángulo de declinación:
1.37°

El ángulo de la montura polar:
37.24°

Los grados del motor:
142.76° Este

El satélite:
Intelsat 14 (45.0° O)

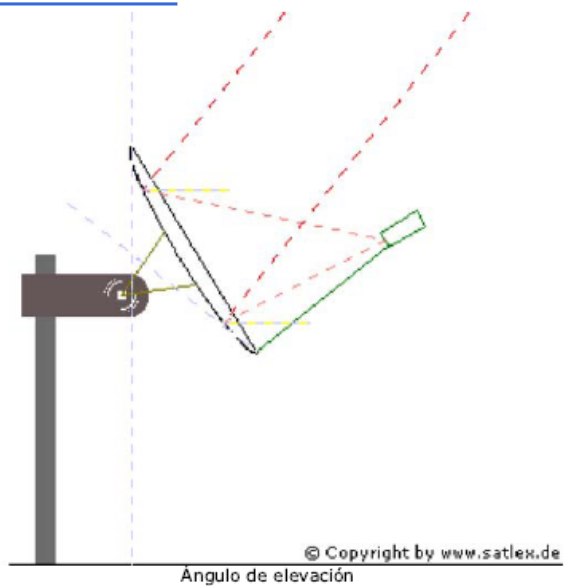


Figura 37. Resultados calculo azimuth y ángulo
Fuente: (Satlex, 2019)

Una vez orientada la parabólica se conecta el receiver. De allí irá la señal hacia el transmisor de TV.

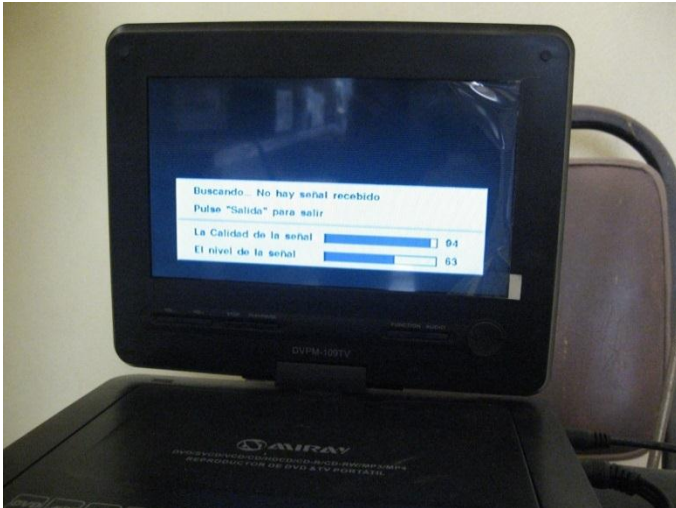


Figura 38. Ajustando la potencia de recepción. Pantalla conectada al receptor de satélite
Fuente: Elaboración Propia

Generalmente el transmisor se ajusta a 45 W si su potencia nominal es de 50W.

3.5 ¿Cómo verificar el estado operativo del sistema?

La forma más sencilla de hacerlo es con un receptor de Televisión en la misma cabina, que nos confirme la presencia de la señal irradiada.

Pero también hay que realizar algunas mediciones de Potencia para verificar el óptimo estado de la instalación. Se usa un vatímetro con pastillas de Potencia de 100 y 10 W. Colocando el vatímetro en serie a la salida del amplificador podemos ver el valor de la Potencia Directa. También podemos medir la Potencia Reflejada y verificar que no sea más del 10%. De ser así deben revisarse las conexiones de los cables coaxiales.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES

Se estableció el lugar desde donde se hará la transmisión a la población rural de San Miguel de Acos. Al tener un área de 48 Km² no requerirá gran potencia para una cobertura hacia toda la ciudad.

Se determinaron los equipos a usar en la instalación. Se les ha elegido por razones técnicas, es mejor invertir un poco más a arriesgarse a un fallo en plena transmisión.

Se puede comprobar finalmente el funcionamiento general del Sistema en la cobertura que alcance en la población.

Es posible entonces comunicar a personas del área rural con el resto de país a través de una transmisión por TV. La desventaja es que la información no es bidireccional. El televidente no puede expresarse y se limita a recibir información. Conforme vayan llegando nuevas tecnologías se solucionará esta situación.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones ha concedido 7 canalizaciones a la localidad de San Miguel de Acos. Es decir, sin la señal de TV Perú, comprendida en este proyecto, hay 6 canales disponibles. Sin embargo, la Televisión privada no se hace presente por no parecer rentable la actividad allí. Es por ello que por el momento solo es viable la televisión pública. Es posible que más adelante, al crecer la comunidad, pueda existir la iniciativa de una televisora local.

RECOMENDACIONES

Una vez puesto en marcha el sistema, es necesario realizarle un mantenimiento cada seis meses de preferencia, a fin de evitar la avería de los equipos. El calor, el polvo y la humedad suelen malograr los circuitos electrónicos de los amplificadores de RF por lo que se debe programar mantenimiento preventivo.

Revisar así mismo el nivel de señal de satélite en el receptor satelital y corregir la posición de la parabólica de ser necesario en cada visita técnica.

Como un aporte propio, queremos señalar que en vez de usar cuatro antenas del tipo ADB010421x, podemos reemplazar dos de ellas por antenas del tipo ALP1104712, ya que tienen mayor ganancia y, por tanto, mayor alcance. Pueden estar apuntando hacia cada extremo del distrito. Pero para implementarlo sería necesario que se realice la compra de dichas antenas. La política del canal del Estado es usar las antenas y materiales que se encuentran en stock.

BIBLIOGRAFIA

- Treviño Cortés, J. T. (2003). *Propagación de RF en las bandas: LF, MF, HF, VHF, UHF y VHF*. Tesis profesional para optar a la Licenciatura en Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones., Universidad de las Américas , Puebla. Obtenido de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/trevino_c_jt/
- Blog, A. (11 de Mayo de 2001). Tipos de Antenas Parabólicas. Obtenido de <https://anakinaw.wordpress.com/category/tipos-de-antenas-parabolicas/>
- BOLIVIATV. (2009). *“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE CANAL 7 REGIONAL SANTA CRUZ PARA AMPLIACIÓN DE COBERTURA A ZONAS RURALES Y DE INTERÉS SOCIAL*. INFORME TÉCNICO, Bolivia.
- Bozzeta Valdivia, G. S. (2011). *DISEÑO DE UN SISTEMA RECEPTOR DE TELEVISIÓN VIA SATÉLITE PARA ZONAS RURALES EN EL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA*. Tesis para optar el Título de Ingeniero Electrónico, Pontificia Universidad Católica del Perú , Lima. Obtenido de http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/1017/BOZZETA_VALDIVIA_GIUSSEPPE_RECEPTOR_TELEVISION_CAJAMARCA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Costilla Arias , J. A. (2008). *PROCESAMIENTO DIGITAL DE SEÑALES*”. Tesina que para obtener el grado de INGENIERO EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA, INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, Mexico. Obtenido de <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/6833/ice%20161.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- FCC. (2015). *FM and TV Propagation Curves*. Federal Communications Commission, Washington, DC. Recuperado el Agosto de 2019, de <https://www.fcc.gov/media/radio/fm-and-tv-propagation-curves>
- Fuentes Triana , F. (2009). *Proyecto de Creación de un Canal de Televisión ESPOL TV para Guayaquil*. Tesis, Guayaquil. Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/7832/Proy>

ecto%20de%20Creaci%3%b3n%20de%20un%20canal%20de%20televisi%3%b3n%20ESPOL%20TV%20para%20Guayaquil.pdf?sequence=1&isAllowed=y

GoogleMaps. (Agosto de 2019). *San Miguel de Acos*. Obtenido de <https://www.google.com/maps/place/San+Miguel+de+Acos,+15215/@-11.2939422,-76.8388209,12z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x91063922ae2fbf35:0x8c2a6660471e27b!8m2!3d-11.2874637!4d-76.7625073>

INEI. (2018). *Resultados Definitivos Censo 2017 Region Lima* . Resultados Definitivos Censo 2017 Region Lima , Lima. Obtenido de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1550/15BTOMO_01.pdf

Intelsat. (Agosto de 2019). Coverage Maps. Obtenido de <http://www.intelsat.com/fleetmaps/>

ITU. (1999). *Unión Internacional de Telecomunicaciones*. Obtenido de https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.341-5-199910-S!!PDF-S.pdf

Landau. (s.f.). *Teoría clásica de los campos*. Reverté.

Matos Párraga, D. A. (2012). *DISEÑO DE UNA RED DE ACCESO PARA EL NEGOCIO DE TELEVISIÓN POR PAGA PARA EL ÁREA RURAL USANDO LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE*. Tesis para optar el Título de Ingeniero de las Telecomunicaciones, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. Obtenido de http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/1512/MATOS_PARRAGA_DIEGO_TELEVISION_PAGA_RURAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y

MTC. ((s/f)). Recuperado el Agosto de 2019, de https://portal.mtc.gob.pe/comunicaciones/autorizaciones/servicios_privados/documentos/pnaf_act_feb08.pdf

Satlex. (Julio de 2019). Obtenido de https://satlex.it/es/azel_calc-params.html?satlo=-45.0&user_satlo=&user_satlo_dir=E&location=-12.05%2C-77.05&la=-8&lo=-77.05&country_code=pe&diam_w=300&diam_h=80

UIT. (Octubre de 2009). *Union Internacional de Telecomunicaciones*. Obtenido de https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.1546-4-200910-S!!PDF-S.pdf

ANEXO 1

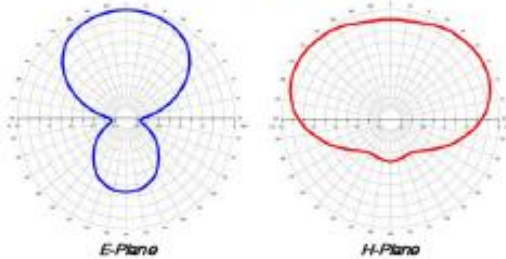
CARACTERISTICAS TECNICAS ANTENA DE RADIODIFUSION ALDENA ADB010421X

ELECTRICAL FEATURES

WORKING BAND: 174-230MHz
 BANDWIDTH: VHF band III (TV & DAB)
 GAIN: 1.5 dBd (3.6 dB)
 VSWR: $\leq 1.25:1$ (-19 dB)
 POLARIZATION: Vertical
 HALF POWER BEAMWIDTH:
 E-Plane - 106°
 H-Plane - 205°

LIGHTNING PROTECTION: all metal parts DC grounded
 including inner conductors

AVAILABLE VERSIONS AND CODE:
 ADB0104211 - DIN 7/16 female - max 2000W (single car.)
 ADB0104210 - EIA 7/8" flange - max 3500W (single car.)



MECHANICAL FEATURES

MATERIALS: Welded aluminium antenna
 bracket and bolts in hot-dip galvanized steel. Teflon isolators,
 aluminium line, Silicon O-Rings
 MOUNTING: directly on supporting structure
 MOUNTING BRACKETS: included for $\varnothing 40-114$ mm pipe
 ICING PROTECTION: ABS radome
 TREATMENTS: Military norms treatment (MIL-C-5541)
 Silver-plated internal lines and connector
 ANTENNA DIMENSIONS: 600x670x130 mm
 WEIGHT: 10 Kg
 WIND SURFACE: 0.11 m² front - 0.19 m² side
 WIND LOAD (at 160Km/h and 30° C air temperature):
 8.76 Kg front - 10.30 Kg side
 SURVIVAL WIND: 180Km/h
 PACKING DIMENSIONS:
 box 800x800x200mm - 14 Kg gross

ARRAY DATA

BAY	PANEL PER BAY	SYSTEM GAIN (dBd)	GAIN TIMES ¹	WEIGHT (Kg ²)	SYSTEM HEIGHT (m)	WIND LOAD (Kg ³)
2	1	4.58	3.08	25	2.0	35.6
4	1	8.57	6.87	60	4.8	77.2
6	1	10.33	10.79	95	7.6	115.8
8	1	11.69	14.76	130	10.4	154.4
12	1	13.54	22.59	198	16.4	231.6

1 - 1° feed filling and electrical dB not take into account
 2 - mounting hardware not take into account
 3 - 160km/h wind and 30° C air temperature

ADB 01 04 21x

VHF - Band III
 Radio (DAB) & TV
 Broadcasting

37
 pag

Antenna a dipolo in alluminio saldato.
 Irradiazione pressoché omnidirezionale.
 Adatta per sistemi colineari per DAB o VHF B.III.
 Banda larga 174 ÷ 230 MHz

Dipole antenna in welded aluminium.
 Omnidirectional pattern with preferred direction.
 Suitable for DAB or VHF B.III stacked-array antenna
 system.
 Broadband 174 + 230 MHz



ANEXO 2

CARACTERISTICAS TECNICAS TRANSMISOR DITEL TDV50

TRANSMISOR TV 50W VHF MARCA: DITEL, MODELO: TDV50

Servicio:	Difusión de televisión cromática según Norma y Sistema M-NTSC
Frecuencia:	VHF: 54 MHz a 88 MHz (Canal 2 al 6: BI) 174 MHz a 216 MHz (Canal 7 a 13: BIII)
Tipo de Emisión:	VIDEO: 5M45C3F AUDIO: 550KF3EGN
Tolerancia Total de Frecuencia para sonido, video: y para la diferencia de 4,5 MHz entre portadoras:	≤ 500 Hz ≤ 5 Hz
Tipo de diseño	Módulos independientes, intercambiables de fácil montaje.

CARACTERISTICAS ELECTRICAS y AMBIENTALES

Alimentación Primaria:	Monofásica 220V $\pm 10\%$, 50/60 Hz
Factor de Potencia:	$\geq 0,9$
Temperatura de operación:	De -5°C a +50°C
Humedad Relativa:	Hasta el 95% (sin condensación)
Altura máxima S.N.M.:	5.000 m

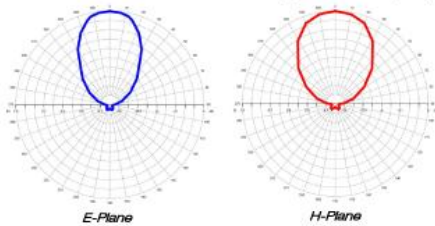
ANEXO 3

CARACTERISTICAS TECNICAS ANTENA DE RADIODIFUSION ALDENA ALP1104712

40
pag

ELECTRICAL FEATURES

WORKING BAND: 174-230 MHz
BANDWIDTH: VHF band III (TV & DAB)
GAIN: 10 dBS (12.2 dB)
VSWR: $\leq 1.22:1$ (-20dB)
POLARIZATION: horizontal (or vertical)
IMPEDANCE: 50 Ohm unbalanced
HALF POWER BEAMWIDTH:
 E-Plane - 57°
 H-Plane - 72°
LIGHTNING PROTECTION: all metal parts DC grounded
 including inner conductors
AVAILABLE VERSION AND CODE:
 ALP1104711 - BA 7/8" flange - max 3000W (r.m.s.)



MECHANICAL FEATURES

MATERIALS:
 elements and body in painted aluminium, teflon isolators,
 silicon O-Rings, hot dip galvanized bracket, and bolts,
 feeding line in foam cable 7/8",
 safety rope in parafil® and st. steel turnbuckle
MOUNTING: directly to the mast
MOUNTING BRACKETS: included for Ø 40x114mm pipe
TREATMENTS: military grade treated (MIL-C-5541) and
 painted elements and body (grey color - RAL 7001)
ANTENNA DIMENSIONS: 2621x900x90 mm
WEIGHT: 27 Kg
WIND SURFACE: 0.02 m² front - 0.35 m² side
WIND LOAD (at 160Km/h and 30° C air temperature):
 1.41 Kg front - 53.13 Kg side
SURVIVAL WIND: 220Km/h
PACKING DIMENSIONS:
 antenna: box 2670x950x150 mm
 bracket: box 310x360x400 mm
 32 Kg gross
SPECIAL FEATURES:
 mounting brackets for slant polarization or parallel arrays
 (cod. XSTLOG-ROT & XSTLOG-PER)

ARRAY DATA

BAY	PANEL PER BAY	SYSTEM GAIN (dBd)	GAIN TIMES	WEIGHT (Kg) ¹	SYSTEM HEIGHT (m)	WIND LOAD (Kg) ²
2	1	10.94	12.42	69	1.4	106.3
4	1	14.07	25.53	127	4.2	212.5
6	1	15.98	38.73	166	7.0	318.6
8	1	17.15	51.88	205	9.8	425.0
12	1	18.92	77.98	304	15.4	637.6

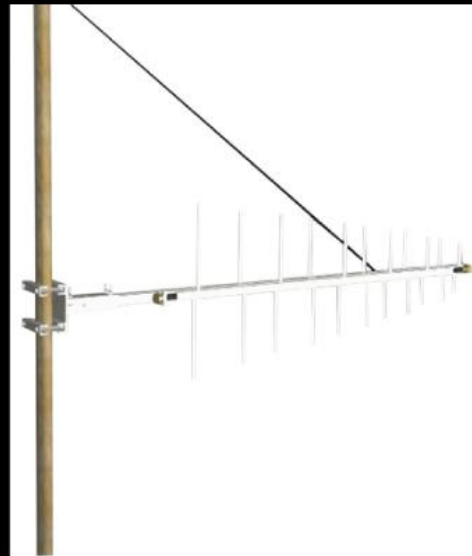
1 - gain related to real band - 1° front lobe and electrical tilt not take into account
 2 - mounting hardware not take into account
 3 - 50/60km/h wind and 30° C air temperature

ALP1104712

VHF - Band III
DAB & TV
Broadcasting

Antenna log-periodica a 11 elementi in alluminio verniciato a polvere.
 Irradiazione direttiva con lobi posteriori ridotti.
 Adatta per sistemi collineari e per diagrammi d'irradiazione complessi.
 Banda larga 174 - 230 MHz.

*Log-periodic antenna 11 elements in powder-painted aluminium.
 Directional radiation pattern with reduced back-lobes.
 Suitable for stacked array and complex irradiation pattern antenna systems.
 Broadband 174 - 230 MHz.*



All products are sold under warranty terms. Details at: www.aldena.it

The above mentioned data might be modified without any advanced notification

Issue: 05/15

Aldena
The Reliable Antennas