



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Trabajo de grado previo a la obtención del Título de  
Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones

TRABAJO DE GRADUACION

**TEMA:**

**“DISEÑO DE UN ENLACE DE MICROONDA EN EL SECTOR DE  
CEBOLLAR ALTO PARA LLEVAR LA SEÑAL DE TVS CANAL  
13 HACIA LA PARTE ALTA DE GUAMOTE Y ALAUSÍ”**

Autor:

Andrés Felipe Brito del Pino

Director: Ing. Aníbal Llanga

Riobamba – Ecuador

2011

## CERTIFICACIÓN

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título; **“DISEÑO DE UN ENLACE DE MICROONDA EN EL SECTOR DE CEBOLLAR ALTO PARA LLEVAR LA SEÑAL DE TVS CANAL 13 HACIA LA PARTE ALTA DE GUAMOTE Y ALAUSÍ”**, presentado por: Sr. Andrés Felipe Brito del Pino y dirigida por: Ing. Aníbal Llanga.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman:

**Ing. Yesenia Cevallos**  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

.....

**Firma**

**Ing. Aníbal Llanga**  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**  
**DE INVESTIGACION**

.....

**Firma**

**Ing. Daniel Santillán**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

.....

**Firma**

## **AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, nos corresponde exclusivamente a: Sr. Andrés Felipe Brito del Pino autor y Ing. Aníbal Llanga Director del Proyecto de Investigación; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.

## **AGRADECIMIENTO**

Mi sincero agradecimiento a Dios, a mi Madre Dolorosa, a la Universidad Nacional de Chimborazo, a la Escuela de Ingeniería Electrónica, a TVS Canal 13 por toda la colaboración prestada; a mis padres, hermanos, maestros y amigos, por ese apoyo incondicional y por estar en todo momento, a todos ustedes mi admiración y respeto.

## **DEDICATORIA**

A mi Madre que está en el cielo, que fue mi apoyo, es mi guía y mi ejemplo; a mi padre por esa fortaleza que tiene y esa sabiduría para hacer las cosas y a todos aquellos que lucharon conmigo por una verdad, por un ideal dentro de los predios universitarios.

<b>ÍNDICE GENERAL</b>	i
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	viii
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS E ILUSTRACIONES</b>	x
<b>RESUMEN</b>	xiv
<b>SUMARY</b>	xv

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PÁGINA</b>
CAPÍTULO I	
1.0. INTRODUCCIÓN	1
1.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	2
1.2. OBJETIVOS	3
1.3. LIMITACIONES EN EL DISEÑO DEL PROYECTO	3
CAPÍTULO II	
2.0. FUNDAMENTACIÓN TEORICA	4
2.1. RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA	4
2.2. ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO	4
2.2.1. DESCRIPCIÓN DE ALGUNAS BANDAS DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO.	6
2.3. PROPAGACIÓN EN EL ESPACIO LIBRE	7
2.3.1. DIGRESIÓN: PROPAGACIÓN RADIOELÉCTRICA	7
2.3.2. ATENUACIÓN EN EL ESPACIO LIBRE	7
2.3.3. PROPAGACIÓN Y CAMPO RECIBIDO	9
2.3.4. ATENUACIONES ADICIONALES	9
2.3.5. MARGEN DE DESVANECIMIENTO FM	10
2.4. EFECTO DE REFRACCIÓN SOBRE LA PROPAGACIÓN	12
2.4.1. ÍNDICE DE REFRACCIÓN	12
2.4.2. REFRACCION CON ENLACES CON LINEA DE VISTA	13
2.4.2.1. COINDICE DE REFRACCIÓN	14
2.4.2.2. MODULO DE REFRACCIÓN M	14

2.4.2.3. GRADIENTE DEL ÍNDICE DE REFRACCIÓN	15
2.4.2.4. CONDICIONES DE PROPAGACIÓN	15
2.5. PROTUBERANCIA DEL TERRENO	17
2.5.1. EFECTO DE LA DIFRACCIÓN SOBRE LA PROPAGACIÓN	17
2.6. RADIO FICTICIO DE LA TIERRA	18
2.7. ZONAS DE FESNEL	21
2.7.1. CÁLCULO DE LA ZONA DE FESNEL	22
2.8. BALANCE DE POTENCIAS	24
2.8.1. POTENCIA TRANSMITIDA	24
2.9. Sistemas De Tv	25
2.9.1. SISTEMAS DE TELEVISION EN SUDAMÉRICA Y NORTEAMÉRICA.	26
2.9.2. ESTRUCTURA DE UN CANAL DE TV	26
2.9.3. DESCRIPCIÓN DE UN RECEPTOR DE TV	27
2.10. INTERFERENCIAS QUE PUEDEN DEGRADAR LA RECEPCIÓN DE UN CANAL DE TELEVISIÓN	28
2.10.1. INTERFERENCIA DE LA TELEVISIÓN	28
2.10.2. SOBRECARGA DE LA FUNDAMENTAL	28
2.10.3. SOBRECARGA ARMÓNICA	29
2.10.4. RECTIFICACIÓN DE AUDIO	29
2.10.5. Interferencia Imd	29
2.10.6. INTERFERENCIA IF	30
2.10.7. CAPTACIÓN DIRECTA (DIRECT PICKUP)	30
2.10.8. SEÑALES EN MODO COMÚN Y EN MODO DIFERENCIAL	30
2.11. FILTROS PARA DISMINUIR INTERFERENCIAS ELECTROMAGNÉTICA (EMI)	31
2.11.1. FILTROS EN MODO COMÚN	31
2.11.2. FILTRADO	31
2.11.3. FILTROS DEL TIPO STUB	32
2.12. ATENUACIÓN POR OBSTRUCCIÓN	32
2.13. ECUACIÓN DEL ENLACE	34

2.13.1. CRITERIOS DE DESPEJAMIENTO	35
2.14. REFLEXIONES EN EL TERRENO	36
2.14.1. RAYO REFLEJADO	36
2.14.2. EFECTO DEL FACTOR K	37
2.15. INTENSIDAD DEL CAMPO ELECTRICO EN FUNCION DE LA POTENCIA IRRADIADA	38
2.15.1. INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO MÍNIMA A PROTEGER	40
2.15.2. ÁREA DE COBERTURA	41
2.15.2.1. ÁREA DE COBERTURA PRINCIPAL	41
2.15.2.2. ÁREA DE COBERTURA SECUNDARIA	41
2.15.2.3. ÁREA DE PROTECCIÓN	41
2.16. RELACIONES GEOMETRICAS IMPORTANTES	41
2.17. ANGULO DE ELEVACIÓN Y ANGULO DE AZIMUT	42
2.17.1. ANGULO DE ELEVACIÓN	42
2.17.2. ÁNGULO DE AZIMUT	43
2.18. ANÁLISIS DE LA NORMA TÉCNICA Y PLAN DE DISTRIBUCIÓN DE CANALES	44
2.18.1. BANDA DE FRECUENCIAS SEGÚN LA UIT	45
2.18.2. CATEGORÍA DE LOS SERVICIOS	45
2.18.2.1. SERVICIO PRIMARIO	45
2.18.2.2. SERVICIO SECUNDARIO	46
2.18.3. NORMA TÉCNICA PARA EL SERVICIO DE TELEVISIÓN ANALÓGICA Y PLAN DE DISTRIBUCIÓN DE CANALES	46
2.18.3.1. BANDAS DE FRECUENCIAS	46
2.18.3.2. CANALIZACIÓN DE LAS BANDAS	47
2.18.4. ZONAS GEOGRÁFICAS	49
2.18.5. RELACIONES DE PROTECCIÓN SEÑAL DESEADA/SEÑAL NO DESEADA	52



a) Relación de protección para la señal de video	52
a.1) Interferencia Cocanal	52
a.2) Interferencia de Canales Adyacentes	53
b) Relación de protección para la señal de sonido	53
2.18.5.1. SISTEMA DE TRANSMISIÓN	53
2.18.6. UBICACIÓN DE LAS ANTENAS TRANSMISORAS	54
2.18.7. FRECUENCIAS AUXILIARES	54
2.18.8. PLAN DE DISTRIBUCIÓN DE CANALES	56
2.18.9. RESERVA DE CANALES	58
2.18.10. ASIGNACIÓN DE CANALES EN LAS ZONAS FRONTERIZAS	59
2.19. ORGANOS DE ADMINISTRACIÓN Y REGULACIÓN DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO DEL ESTADO ECUATORIANO	60
2.19.1. CONATEL (Consejo Nacional de telecomunicaciones)	60
2.19.2. SENATEL (Secretaría Nacional de telecomunicaciones)	60
2.19.3. SUPERTEL (Superintendencia de telecomunicaciones)	61
2.19.3.1. Infracciones y sanciones.	61
 CAPÍTULO III	
3.0. METODOLOGÍA	63
3.1. TIPO DE ESTUDIO	63
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	64
3.2.1. TAMAÑO DE LA MUESTRA	65
3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	66
3.4. PROCEDIMIENTOS	67
3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LAS ENCUESTAS	68
3.5.1. PRIMERA PREGUNTA (GUAMOTE)	68
3.5.2. PRIMERA PREGUNTA (ALAUŚÍ)	68
3.5.3. SEGUNDA PREGUNTA (GUAMOTE)	69
3.5.4. SEGUNDA PREGUNTA (ALAUŚÍ)	70
3.5.5. TERCERA PREGUNTA (GUAMOTE)	70

3.5.6. TERCERA PREGUNTA (ALAUŚÍ)	71
3.5.7. CUARTA PREGUNTA (GUAMOTE)	72
3.5.8. CUARTA PREGUNTA (ALAUŚÍ)	72
3.5.9. QUINTA PREGUNTA (GUAMOTE)	73
3.5.10. QUINTA PREGUNTA (ALAUŚÍ)	74
3.5.11. SEXTA PREGUNTA (GUAMOTE)	74
3.5.12. SEXTA PREGUNTA (ALAUŚÍ)	75
3.5.13. SEPTIMA PREGUNTA (GUAMOTE)	76
3.5.14. SEPTIMA PREGUNTA (ALAUŚI)	76
3.5.15. OCTAVA PREGUNTA (GUAMOTE)	77
3.5.16. OCTAVA PREGUNTA (ALAUŚI)	78
3.5.17. NOVENA PREGUNTA (GUAMOTE)	78
3.5.18. NOVENA PREGUNTA (ALAUŚI)	79
3.5.19. DECIMA PREGUNTA (GUAMOTE)	80
3.5.20. DECIMA PREGUNTA (ALAUŚI)	80
3.5.21. ONCEAVA PREGUNTA (GUAMOTE)	81
3.5.22. ONCEAVA PREGUNTA (ALAUŚI)	82
3.5.23. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA	82
3.6. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS RADIO ENLACES	85
3.6.1. PRIMERA PROPUESTA	85
3.6.1.1. DISEÑO DEL ENLACE RIOBAMBA – CACHA	85
3.6.1.2. DISEÑO DEL ENLACE CERRO DE CEBOLLAR ALTO – CERRO SHIRBEN.	90
3.6.2. SEGUNDA PROPUESTA	96
3.6.2.1. DISEÑO DEL ENLACE CERRO DE CEBOLLAR ALTO – CERRO SHIRBEN.	99
3.6.2.2. DISEÑO DEL ENLACE CERRO SHIRBEN – CERRO PUCHUCAL.	105
CAPÍTULO IV	
4.0. RESULTADOS	111
4.1. PROPUESTA DE PROYECTO CON TVS CANAL 13	111

4.2. RESULTADOS DE LA PRIMERA PROPUESTA	111
4.3. RESULTADOS DE LA SEGUNDA PROPUESTA	115

## CAPÍTULO V

5.0. DISCUSIÓN	122
5.1. ANÁLISIS DE LA PRIMERA PROPUESTA	122
5.2. ANÁLISIS DE LA SEGUNDA PROPUESTA	122
5.3. SELECCIÓN DE LA PROPUESTA	123

## CAPÍTULO VI

6.0. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	124
6.1. CONCLUSIONES	124
6.2. RECOMENDACIONES	125

## CAPÍTULO VII

7.0. PROPUESTA	126
7.1. TITULO DE LA PROPUESTA	126
7.2. INTRODUCCIÓN	126
7.3. OBJETIVOS	126
7.3.1. General	126
7.3.2. Específicos	127
7.4. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO – TÉCNICA	127
7.4.1 RADIO ENLACE	127
7.4.2. MARGEN DE DESVANECIMIENTO FM	127
7.4.3. ZONAS DE FESNEL	128
7.4.4. SISTEMAS DE TELEVISION EN SUDAMÉRICA	128

Y NORTEAMÉRICA.

7.4.5. ESTRUCTURA DE UN CANAL DE TV	129
7.4.6. INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO MÍNIMA A PROTEGER.	130
7.4.7. ÁREA DE COBERTURA	130
7.4.7.1. ÁREA DE COBERTURA PRINCIPAL	131
7.4.7.2. ÁREA DE COBERTURA SECUNDARIA	131
7.4.8. CATEGORÍA DE LOS SERVICIOS	131
7.4.8.1. SERVICIO PRIMARIO	131
7.4.8.2. SERVICIO SECUNDARIO	132
7.5. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA	132
7.5.1. INVERSION	135
7.6. DISEÑO ORGANIZACIONAL	136
7.7. MONITOREO Y EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA	136
8.0. BIBLIOGRAFÍA	138
8.1. PÁGINAS DE INTERNET	139
9.0. APÉNDICES Y ANEXOS	141
<u>ANEXO 1</u> - ENCUESTA	142
<u>ANEXO 2</u> - TABLA DE ESTADÍSTICAS DE TELEVISIÓN – DATOS A DICIEMBRE DE 2010.	143
<u>ANEXO 3</u> – PÉRDIDAS QUE SE PRODUCEN EN LOS DISTINTOS TIPOS DE CABLE.	145
<u>ANEXO 4</u> - ESTACIONES DE TELEVISIÓN Y RADIODIFUSIÓN AUTORIZADAS A NIVEL NACIONAL.	147
<u>ANEXO 5</u> - TORRE DE TELECOMUNICACIONES	150
<u>ANEXO 6</u> - DETERMINACION DE LOS EQUIPOS PARA LOS ENLACES DE MICROONDA.	155
<u>ANEXOS 7</u> - PARARRAYOS EN TORRES DE TELECOMUNICACIONES Y PROTECCION DEL SISTEMA A TIERRA.	162

**ÍNDICE DE CUADROS**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>Tabla 2.1.</b> Bandas de frecuencias IEEE – UIT	5
<b>Tabla 2.2.</b> Muestra los valores típicos del Margen de Desvanecimiento en función del porcentaje de confiabilidad del sistema.	11
<b>Tabla 2.3.</b> Factor de Rugosidad	12
<b>Tabla 2.4.</b> Factor de Análisis Climático Anual	12
<b>Tabla 2.5.</b> Sistemas de Televisión para Sudamérica y Norteamérica	26
<b>Tabla 2.6.</b> Niveles de Intensidad de Campo Eléctrico	40
<b>Tabla 2.7.</b> Gamas de frecuencias	45
<b>Tabla 2.8.</b> Canalización de las bandas atribuidas para el servicio de TV	47
<b>Tabla 2.9.</b> Grupos y Canales de VHF y UHF	48
<b>Tabla 2.10.</b> Zonas Geográficas para televisión abierta VHF y UHF	50
<b>Tabla 2.11.</b> Relación Señal Deseada – Señal Interferente	53
<b>Tabla 2.12.</b> Canales en la zona de Frontera.	59
<b>Tabla 2.13.</b> Clases de Infracciones	62
<b>Tabla 3.1.</b> Recopilación de datos y mediciones	67
<b>Tabla 3.2.</b> Proyección de la Demanda	83
<b>Tabla 3.3.</b> Proyección de la Demanda	84
<b>Tabla 3.4.</b> Crecimiento de la Demanda Guamote	84
<b>Tabla 3.5.</b> Crecimiento de la Demanda Alausí	85
<b>Tabla 3.6.</b> Puntos de referencia enlace Riobamba TVS - Cerro Cacha Rx	86
<b>Tabla 3.7.</b> Puntos de referencia enlace Cerro Cacha Tx – Cerro de Cebollar Alto Rx.	90
<b>Tabla 3.8.</b> Puntos de referencia enlace Cerro de Cebollar Alto Tx – Cerro Shirben Rx	99
<b>Tabla 3.9.</b> Puntos de referencia enlace Cerro Shirben Tx – Cerro Puchucal Rx.	105
<b>Tabla 3.10.</b> Intensidad de campo eléctrico para Guamote y Alausí	110

<b>Tabla 4.1.</b>	Resultados primera propuesta.	120
<b>Tabla 4.2.</b>	Resultados segunda propuesta enlace Shirben – Guamote.	121
<b>Tabla 4.3.</b>	Resultados segunda propuesta enlace Puchucal – Alausí.	121
<b>Tabla 7.1.</b>	Muestra los valores típicos del Margen de Desvanecimiento en función del porcentaje de confiabilidad del sistema.	128
<b>Tabla 7.2.</b>	Sistemas de Televisión para Sudamérica y Norteamérica.	129
<b>Tabla 7.3.</b>	Niveles de Intensidad de Campo Eléctrico.	130
<b>Tabla 7.4.</b>	Precio del terreno donde se ubicará la torre y la caseta.	135
<b>Tabla 7.5.</b>	Obra civil e instalación de puesta a tierra.	135
<b>Tabla 7.6.</b>	Valor de los equipos de telecomunicaciones.	135
<b>Tabla 7.8.</b>	Concesión de frecuencias.	136
<b>Tabla 7.9.</b>	Descripción de la inversión.	136
<b>Tabla 7.10.</b>	Monitoreo y Evaluación	137

**ÍNDICE DE GRAFICOS E ILUSTRACIONES**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>Figura 2.1.</b> Espectro de frecuencias IEEE - UIT	5
<b>Figura 2.2.</b> Efecto de la radiación en la atmósfera.	13
<b>Figura 2.3.</b> Curvatura del Rayo y Factor K.	20
<b>Figura 2.4.</b> Variación en la trayectoria para diferentes factores K	20
<b>Figura 2.5.</b> Zonas de Fresnel	21
<b>Figura 2.6.</b> Cálculo para la Zona de Fresnel	22
<b>Figura 2.7.</b> Ancho de banda de un canal de televisión	27
<b>Figura 2.8.</b> Efecto de la Difracción en la atmósfera	34
<b>Figura 2.9.</b> Efecto de la Reflexión en el terreno	37
<b>Figura 2.10.</b> Producto vectorial del Campo Eléctrico E y Campo Magnético B me da la Densidad de Potencia S.	39
<b>Figura 2.11.</b> La Señal Transmisora puede llegar por varios caminos	42
<b>Figura 2.12.</b> Angulo de elevación de la antena Tx y Rx. ` (Cebollar Alto – Shirben).	43
<b>Figura 2.13.</b> Regiones para la atribución de bandas de frecuencias, la parte sombreada representa la Zona Tropical.	44
<b>Figura 2.14.</b> División en Zonas Geográficas del Ecuador.	51
<b>Figura 2.15.</b> Forma de enlazar una matriz y dos repetidoras.	55
<b>Figura 2.16.</b> Distribución de canales VHF por zonas geográficas	57
<b>Figura 2.17.</b> Distribución de canales UHF por zonas geográficas	58
<b>Figura 3.1.</b> Pregunta número uno de la encuesta (Guamote)	68
<b>Figura 3.2.</b> Pregunta número uno de la encuesta (Alausí)	69
<b>Figura 3.3.</b> Pregunta número dos de la encuesta (Guamote)	69
<b>Figura 3.4.</b> Pregunta número dos de la encuesta (Alausí)	70
<b>Figura 3.5.</b> Pregunta número tres de la encuesta (Guamote)	71
<b>Figura 3.6.</b> Pregunta número tres de la encuesta (Alausí)	71
<b>Figura 3.7.</b> Pregunta número cuatro de la encuesta (Guamote)	72

<b>Figura 3.8.</b> Pregunta número cuatro de la encuesta (Alausí)	73
<b>Figura 3.9.</b> Pregunta número cinco de la encuesta (Guamote)	73
<b>Figura 3.10.</b> Pregunta número cinco de la encuesta (Alausí)	74
<b>Figura 3.11.</b> Pregunta número seis de la encuesta (Guamote)	75
<b>Figura 3.12.</b> Pregunta número seis de la encuesta (Alausí)	75
<b>Figura 3.13.</b> Pregunta número siete de la encuesta (Guamote)	76
<b>Figura 3.14.</b> Pregunta número siete de la encuesta (Alausí)	77
<b>Figura 3.15.</b> Pregunta número ocho de la encuesta (Guamote)	77
<b>Figura 3.16.</b> Pregunta número ocho de la encuesta (Alausí)	78
<b>Figura 3.17.</b> Pregunta número nueve de la encuesta (Guamote)	79
<b>Figura 3.18.</b> Pregunta número nueve de la encuesta (Alausí)	79
<b>Figura 3.19.</b> Pregunta número diez de la encuesta (Guamote)	80
<b>Figura 3.20.</b> Pregunta número diez de la encuesta (Alausí)	81
<b>Figura 3.21.</b> Pregunta número once de la encuesta (Guamote)	81
<b>Figura 3.22.</b> Pregunta número once de la encuesta (Alausí)	82
<b>Figura 3.23.</b> Propiedades de los parámetros del enlace.	86
<b>Figura 3.24.</b> Propiedades de los miembros del enlace.	87
<b>Figura 3.25.</b> Patrón de radiación de la antena Riobamba TVS.	87
<b>Figura 3.26.</b> Patrón de radiación de la antena Cacha Rx	88
<b>Figura 3.27.</b> Propiedades de los sistemas del enlace	88
<b>Figura 3.28.</b> Detalle del radioenlace RiobambaTVS – Cacha Rx	89
<b>Figura 3.29.</b> Ubicación de la antena Tx y Rx en el Cerro Cacha	89
<b>Figura 3.30.</b> Propiedades de los parámetros del enlace	90
<b>Figura 3.31.</b> Propiedades de los miembros del enlace	91
<b>Figura 3.32.</b> Patrón de radiación de la antena Cacha Tx	91
<b>Figura 3.33.</b> Patrón de radiación de la antena Cebollar Alto Rx	92
<b>Figura 3.34.</b> Propiedades de los sistemas del enlace.	92
<b>Figura 3.35.</b> Detalle del radioenlace Cacha Tx – Cebollar Alto Rx	93
<b>Figura 3.36.</b> Vista desde el Cerro de Cebollar Alto al Cerro Cacha	93
<b>Figura 3.37.</b> Propiedades de los parámetros del enlace en VHF	94
<b>Figura 3.38.</b> Propiedades de los miembros del enlace en VHF	94



<b>Figura 3.39.</b> Lóbulo de radiación de la antena Tx ubicada en Cebollar Alto hacia la parte alta de Guamote y Alausí.	95
<b>Figura 3.30.</b> Propiedades de los sistemas del enlace en VHF	96
<b>Figura 3.31.</b> Enlace Riobamba – Cacha	97
<b>Figura 3.32.</b> Enlace Cacha – Cebollar Alto	98
<b>Figura 3.33.</b> Enlace Cebollar Alto – Shirben	98
<b>Figura 3.34.</b> Enlace Shirben – Puchucal	99
<b>Figura 3.35.</b> Propiedades de los parámetros del enlace	100
<b>Figura 3.36.</b> Propiedades de los miembros del enlace	100
<b>Figura 3.37.</b> Patrón de radiación de la antena Cebollar Alto Tx	101
<b>Figura 3.38.</b> Patrón de radiación de la antena Shirben Rx	101
<b>Figura 3.39.</b> Propiedades de los sistemas del enlace	102
<b>Figura 3.40.</b> Detalle del radioenlace Cebollar Alto Tx – Shirben Rx	103
<b>Figura 3.41.</b> Lóbulo de radiación de la antena Tx ubicada en el Cerro Shirben para irradiar la señal de TVS a Guamote.	103
<b>Figura 3.42.</b> Detalle del radioenlace Shirben Tx – Guamote	104
<b>Figura 3.43.</b> Vista desde el Cerro de Cebollar Shirben	104
<b>Figura 3.44.</b> Propiedades de los parámetros del enlace	105
<b>Figura 3.45.</b> Propiedades de los miembros del enlace	106
<b>Figura 3.46.</b> Patrón de radiación de la antena Shirben Tx	106
<b>Figura 3.47.</b> Patrón de radiación de la antena Puchucal Rx	107
<b>Figura 3.48.</b> Propiedades de los sistemas del enlace	107
<b>Figura 3.49.</b> Detalle del radioenlace Shirben Tx – Puchucal Rx	108
<b>Figura 3.50.</b> Lóbulo de radiación de la antena Tx ubicada en el Cerro Puchucal para irradiar la señal de TVS a Alausí.	108
<b>Figura 3.51.</b> Detalle del radioenlace Puchucal Tx – Alausi	109
<b>Figura 3.52.</b> Vista de las antenas del Cerro Puchucal	109
<b>Figura 4.1.</b> Resultado del radio enlace Riobamba TVS – Cacha Rx.	112
<b>Figura 4.2.</b> Resultado del radio enlace Cacha Tx – Cebollar Alto Rx.	113
<b>Figura 4.3.</b> Transmisión en VHF desde Cebollar Alto a la parte alta de Guamote y Alausí.	114
<b>Figura 4.4.</b> Margen de Desvanecimiento en la transmisión Cebollar Alto	115

– Parte alta de Guamote y Alausí.

<b>Figura 4.5.</b> Resultado del radio enlace Cebollar Alto Tx – Shirben Rx.	116
<b>Figura 4.6.</b> Transmisión en VHF desde el Cerro Shirben a Guamote.	117
<b>Figura 4.7.</b> Margen de Desvanecimiento en la transmisión Shirben – Guamote.	118
<b>Figura 4.8.</b> Resultado del radio enlace Shirben Tx – Puchucal Rx.	118
<b>Figura 4.9.</b> Transmisión en VHF desde el Cerro Puchucal a Alausí.	119
<b>Figura 4.10.</b> Margen de Desvanecimiento en la transmisión Puchucal – Alausí.	120
<b>Figura 7.1.</b> Planteamiento de la Segunda Propuesta	133

## **1.1.RESUMEN**

El presente diseño se basa principalmente en la necesidad de llevar la señal de TVS canal 13 a los sectores más olvidados y abandonados de la provincia de Chimborazo como es el caso de Guamote ya que no existe ningún canal de televisión de señal abierta en dicho sector y la falta de información hace que dicho cantón se desarrolle menos que sus vecinos; en el caso de Alausí se ha visto la necesidad de ayudar a difundir sus bellezas naturales, cultura y gastronomía; por lo que la empresa televisiva ha planteado su cobertura hacia todos los cantones de la provincia de Chimborazo y de esta manera contribuir a su desarrollo; que al ser considerados sectores carentes de recursos nadie quiere invertir y la falta de información hace que se suman en el subdesarrollo.

Se tiene previsto con la ejecución del proyecto que dichas comunidades se encuentren mejor informadas y a su vez los distintos problemas que tengan sean solucionados de manera más rápida por parte de las autoridades de turno y del gobierno central, aparte de ello se tiene proyectado que la cobertura alcance al sector urbano como al sector rural.

Para el diseño del estudio se ha hecho un análisis en varios aspectos como lo son: el aspecto social, ya que es esencial para el diseño del mismo, así como también el aspecto técnico – científico si el proyecto que se va realizar desde el punto de vista científico es ejecutable, teniendo en cuenta la geografía del sector, la vegetación y los cambios climáticos.

La elaboración del diseño tiene como principal objetivo el de servir a los demás aplicando los conocimientos adquiridos a lo largo de toda la carrera y así ayudar al desarrollo de las personas que más necesitan y que han sido olvidadas por mucho tiempo.

## 1.2. SUMMARY

This design is based primarily on the need for signal TVS channel 13 to the most forgotten and neglected in the province of Chimborazo is the case of Guamote because there is no channel broadcast television in that sector and lack of information makes this canton are less developed than its neighbors, in the case of Alausí has seen the need to help spread its natural beauty, culture and cuisine, so the television company has raised its coverage to all counties in the province of Chimborazo and thus contribute to its development that industries be considered without means nobody wants to invest and the lack of information makes it add up to underdevelopment.

It is expected the project to these communities are better informed and in turn have different problems are solved more quickly by the authorities and central government shift, apart from that is projected to cover available to the urban and the rural sector.

For the design of the study was an analysis done on various aspects such as: the social aspect, as it is essential to its design, as well as the technical aspect - if the project scientist to be done from the point of scientifically is executable, taking into account the geography of the area, vegetation and climate change.

The development of the design's main objective is to serve others by applying the knowledge gained throughout the race and help the development of the people who most need and have been neglected for long.

## CAPITULO I

### 1.0. INTRODUCCIÓN

Debido a que los cantones de Guamote y Alausí no cuentan actualmente con un sistema de telecomunicaciones de televisión de señal abierta que sea propio de la Provincia de Chimborazo y que la misma sea acorde a la época, siendo esta de vital importancia para el desarrollo de dichos sectores, se plantea realizar un “diseño de un enlace de microonda en el sector de Cebollar Alto para llevar la señal de TVS Canal 13 hacia la parte alta de Guamote y Alausí”, por ello la empresa televisiva desea ser pionera en la transmisión de señal abierta hacia toda la provincia de Chimborazo y requiere de un sistema de telecomunicaciones a través de microondas para tener una señal eficiente y económica, por ello ha solicitado a la Universidad Nacional de Chimborazo y específicamente a la Escuela de Ingeniería Electrónica desarrollar el estudio para este proyecto.

El diseño del radio enlace como del área de cobertura en VHF se realiza basándose en la topografía del sector, así como también con los requerimientos del organismo regulador del estado CONATEL (Consejo Nacional de Telecomunicaciones).

La señal emitida en VHF canal 13 en la ciudad de Riobamba será retransmitida a Guamote en el mismo canal y en cambio para ciudad de Alausí se retransmitirá en canal 5, la misma que cubrirá solo la parte alta de los sectores antes mencionados.

Se realizará un estudio de factibilidad del enlace, para determinar si el mismo será directo o se requerirán repetidores, sean pasivos o activos; los enlaces se realizarán vía microonda y se determinará si existe infraestructura eléctrica en Cebollar Alto como en las demás zonas en estudio. También se realizará un diseño de radio enlaces, área de cobertura, equipos, financiamiento y el impacto social en dichas zonas.

## **1.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

Guamote no tiene ningún sistema televisivo de señal abierta como lo indica la información de la SUPERTEL (ver anexo 2) y como se confirma en la encuesta realizada por el autor de la tesis (ver página 69) y la única forma de tener este servicio es vía receptores satelitales o vía televisión por cable; por lo tanto es evidente que existe una gran demanda por este servicio ya que muy pocos se benefician del mismo, especialmente la gente que tiene la capacidad económica para pagar a la empresa privada que los provee; en el caso de Alausí se busca promocionar el turismo de dicha ciudad y de esa manera también contribuir a su desarrollo.

En Alausí se captan tres canales de televisión de señal abierta (ver anexo 2), pero no tiene un canal propio sea local o provincial que les permita dar a conocer sus necesidades más importantes, en cuanto se refiere a vialidad, salud y educación. Otro aspecto importante es la promoción de sus paisajes naturales, cultura, gastronomía etc. Contribuyendo de esa manera al desarrollo y al mejoramiento del nivel de vida de sus habitantes.

Por todas estas razones expuestas es de suma importancia realizar un diseño de un enlace de microonda, para proveer toda la información necesaria, servicios y avances tecnológicos que la empresa televisiva TVS canal 13 les puede ofrecer.

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. General:**

- Diseñar un enlace de microondas en el sector de Cebollar Alto, para llevar la señal de TVS canal 13 hacia la parte alta de Guamote y Alausí.

### **1.2.2. Específicos:**

- Determinar la ubicación geográfica óptima para la emisión de señal abierta en VHF.
- Realizar un estudio de factibilidad de línea de vista desde el cerro de Cacha hasta el Cerro de Cebollar Alto.
- Determinar la intensidad de campo eléctrico para el área de cobertura establecida en Guamote y Alausí.

## **1.3. LIMITACIONES EN EL DISEÑO DEL PROYECTO**

Para la elaboración del estudio las limitaciones que se presentan son la geografía del sector que no nos permitirá dar la cobertura total al cantón de Guamote y Alausí sino solo a una parte de ellos, así como también los caminos de acceso de segundo orden para la ubicación de torres, condiciones meteorológicas por lluvias y fuertes vientos; el aspecto económico de la empresa televisiva es otra limitante, el mismo que se determinará una vez realizado el estudio económico.

## CAPITULO II

### 2.0. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

#### 2.1. RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA

Las cargas eléctricas estacionarias producen campos eléctricos, las cargas eléctricas en movimiento producen campos eléctricos y magnéticos. Los cambios cíclicos en estos campos producen radiación electromagnética, de esta manera la radiación electromagnética consiste en una oscilación perpendicular de un campo eléctrico y magnético. La radiación electromagnética transporta energía de un punto a otro, esta radiación se mueve a velocidad de la luz (siendo la luz un tipo de radiación electromagnética).

Las ondas de radiación electromagnética se componen de crestas y valles, convencionalmente las primeras hacia arriba y las segundas hacia abajo. La distancia entre dos crestas o valles se denomina longitud de onda ( $\lambda$ ). La frecuencia de la onda está determinada por las veces que ella corta las líneas de base en la unidad de tiempo (casi siempre medida en segundos), esta frecuencia es tan importante que las propiedades de la radiación dependen de ella y está dada en Herz. La amplitud de la onda está definida por la distancia que separa el pico de la cresta o valle de la línea de base (A).

#### 2.2. ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

El Espectro Electromagnético es un conjunto de ondas que van desde las ondas con mayor longitud como las ondas de radio, hasta los que tienen menor longitud como los rayos Gamma.

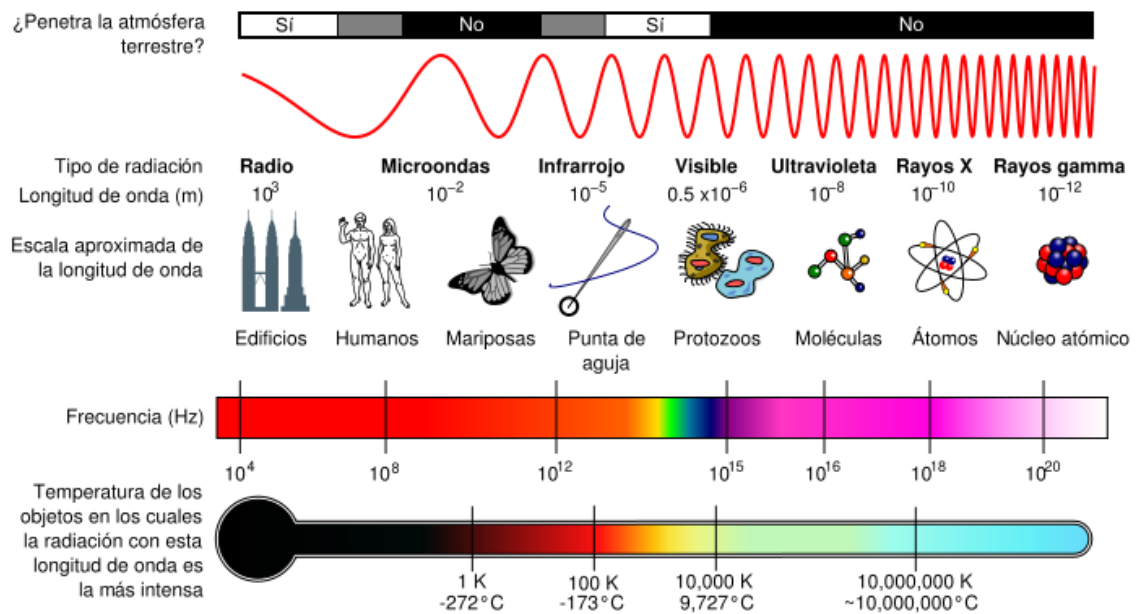
Entre estos dos límites están: las ondas de radio, las microondas, los infrarrojos, la luz visible, la luz ultravioleta y los rayos X.



Es importante anotar que las ondas con mayor longitud de onda tienen menor frecuencia y viceversa.

Las características propias de cada tipo de onda no solo son su longitud de onda, sino también su frecuencia y energía.

**Figura 2.1.** Espectro de frecuencias



**A2.** En la fig. 2.1. Se muestra el espectro de frecuencias, entre ellos el de microondas en donde se va a centrar el estudio de la tesis.

Bandas del espectro electromagnético. Para su estudio, el espectro electromagnético se divide en segmentos o bandas. Existen ondas que tienen una frecuencia, pero varios usos, por lo que algunas frecuencias pueden quedar en ocasiones incluidas de la siguiente manera.

**Tabla 2.1.** Bandas de frecuencias IEEE - UIT

Nº Banda	Nombre	Frecuencia	Longitud onda	Aplicaciones	
2	ELF (Extremate Low F.)	30 – 300	Hz	10 - 1 Mm	
3	ULF (Ultra Low Freq.)	300-3000	Hz	1 - 0,1 Mm	
4	VLF (Very Low F.)	3 - 30	KHz	100 - 10 Km	Navegación, sonar
5	LF (Low Frequency.)	30 – 300	KHz	10 - 1 Km	Navegación, balizas
6	MF (Medium Freq.)	300-3000	KHz	1 – 0,1 Km	Radiodifusión AM
7	HF (High frequency)	3 - 30	MHz	100 - 10 m	Telefonía, aficionados
8	VHF (Very High Freq.)	30 – 300	MHz	10 - 1 m	TV, FM, Móviles
9	UHF (Ultra High freq.)	300-3000	MHz	100 - 10 cm	TV, Móviles
10	SHF (Supra High freq.)	3 - 30	GHz	10 - 1 cm	Radioenlaces, satélites,
11	EHF (Extreme High fr.)	30 – 300	GHz	10 – 1 mm	Radioenlaces, satélites,
12	Decimimétricas	300-3000	GHz	1 – 0,1 mm	Experimentación
Denominación Radar	Banda P	0,23 -1	GHz	130 - 30 cm	<b>Bandas en R. espaciales</b>
	Banda L	1 - 2	GHz	30 - 15 cm	1,5 GHz
	Banda S	2 - 4	GHz	15 – 7,5 cm	2,5 GHz
	Banda C	4 - 8	GHz	7,5 – 3,75 cm	4/6 GHz
	Banda X	8 – 12	GHz	3,75 – 2,4 cm	
	Banda K	12 – 40	GHz	2,4 - 0,75 cm	20 GHz (18-26,5)*
	Banda Ku	12 - 18	GHz	2,4 – 1,67 cm	11/14 y 12/14 GHz
	Banda Ka	18 - 40	GHz	1,13-0,75 cm	30 GHz
	Banda V	50- 75	GHz	6 - 4 mm	

### 2.2.1. DESCRIPCIÓN DE ALGUNAS BANDAS DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

- **Frecuencias muy altas:** *VHF, Very High Frequencies*, van de 30 a 300 MHz. Es un rango popular usado para muchos servicios, como la radio móvil, comunicaciones marinas y aeronáuticas, transmisión de radio en FM (88 a 108 MHz) y los canales de televisión del 2 al 13 [según norma CCIR (Estándar B+G Europa)]. También hay varias bandas de radioaficionados en este rango.
- **Frecuencias ultra altas:** *UHF, Ultra High Frequencies*, abarcan de 300 a 3000 MHz, incluye los canales de televisión de UHF, es decir, del 21 al 69 [según norma CCIR (Estándar B+G Europa)] y se usan también en servicios móviles de comunicación en tierra, en servicios de telefonía celular y en comunicaciones militares.

- **Frecuencias súper altas:** *SHF, Super High Frequencies*, son aquellas entre 3 y 30 GHz y son ampliamente utilizadas para comunicaciones vía satélite y radio enlaces terrestres. Además, pretenden utilizarse en comunicaciones de alta tasa de transmisión de datos a muy corto alcance mediante UWB. También son utilizadas con fines militares, por ejemplo en radares basados en UWB.
- **Frecuencias extremadamente altas:** *EHF, Extrematedly High Frequencies*, se extienden de 30 a 300 GHz. Los equipos usados para transmitir y recibir estas señales son más complejos y costosos, por lo que no están muy difundidos aún.

### **2.3. PROPAGACIÓN EN EL ESPACIO LIBRE**

La propagación de las ondas se refiere a la propagación de ondas electromagnéticas en el espacio libre. Aunque el espacio libre realmente implica en el vacío, con frecuencia la propagación por la atmósfera terrestre se llama propagación en el espacio libre, la principal diferencia es que la atmósfera de la tierra introduce pérdidas de la señal que no se encuentra en el vacío.

Las ondas electromagnéticas se propagan a través de cualquier material dieléctrico incluyendo el aire, pero no se propagan bien a través de conductores con pérdidas como el agua de mar ya que los campos eléctricos hacen que fluyen corrientes en el material disipando con rapidez la energía de las ondas.

#### **2.3.1. DIGRESIÓN: PROPAGACIÓN RADIOELÉCTRICA**

El campo electromagnético generado en la antena de transmisión se propaga en forma perpendicular a la dirección del trayecto. La propagación en el vacío y los efectos que produce la atmósfera sobre la señal influyen notablemente la potencia recibida. La onda que se propaga dispone de un modelo simplificado para trabajar con conceptos sencillos.

Algunos de ellos son:

- El campo electromagnético EH está compuesto de vectores de campo eléctrico E y campo magnético H perpendiculares entre sí. Cuando los campos E y H se encuentran suficientemente lejos de la antena emisora se puede considerar como un frente de onda plano. El plano que contiene el campo E y la dirección de propagación se denomina plano de polarización. En general, nos referimos a un plano vertical y otro horizontal.
- El medio de propagación es no-dispersivo; por lo tanto, la velocidad de fase de las componentes espectrales no dependen de la frecuencia.
- En un primer paso se admite que un rayo directo une las antenas y más adelante se tratan los problemas producidos por los caminos múltiples.
- El modelo considera antenas isotrópicas, con idéntica densidad de potencia emitida en todas las direcciones. Las antenas con cierta directividad se consideran provistas de una ganancia de potencia respecto de la isotrópica.

### 2.3.2. ATENUACIÓN EN EL ESPACIO LIBRE

Si la antena emisora es isotrópica la potencia emitida por unidad de área de la superficie de una esfera (densidad de potencia) es:

$$P_d = P_t / 4 \cdot \pi \cdot d^2 \quad \text{Ec. 2.1.}$$

Donde  $P_t$  es la potencia transmitida por la antena y  $d$  es la distancia entre las antenas y el punto bajo estudio (radio de la esfera).

El área efectiva de una antena receptora se define como la superficie del frente de onda plano con densidad de potencia  $P_d$  que dispone de una potencia equivalente a la entregada por la antena. Para la antena isotrópica el área eficaz es:

$$A_e = \lambda^2 / 4 \cdot \pi \quad \text{Ec. 2.2.}$$

Donde  $\lambda$  es la longitud de onda del campo radioeléctrico. Por ejemplo, para una frecuencia de 3 GHz con longitud de onda de 10 cm el área efectiva es de 7,96 cm<sup>2</sup>. Se entiende entonces el hecho de la baja potencia captada. Relacionando ambos elementos se dispone de la potencia de recepción  $P_r$  en función de la  $P_t$  para antenas isotrópicas:

$$P_r = P_t \cdot \left\{ \frac{\lambda}{4 \cdot \pi \cdot d} \right\}^2 \quad \text{Ec. 2.3.}$$

### 2.3.3. PROPAGACIÓN Y CAMPO RECIBIDO

La potencia recibida es inferior a la transmitida debido a la imposibilidad de captar toda la potencia generada. Se puede expresar como una atenuación (por la propagación en el espacio libre de obstáculos) entre antenas isotrópicas. De acuerdo con el ITU-R el valor de la atenuación por espacio libre se expresa como:

$$A_o = 10 \cdot \log P_t/P_r = 32,5 \text{ dB} + 20 \cdot \log (f \cdot d) \quad \text{Ec. 2.4.}$$

$$A_o \approx L_{bas}(\text{dB}) \quad \text{Ec. 2.5.}$$

$$L_{bas}(\text{dB}) = 92,44 + 20 \log_{10}(f \text{ Mhz}) + 20 \log_{10}(d \text{ Km}) \quad \text{Ec. 2.6.}$$

(Fórmula de Friis)

Con la frecuencia  $f$  en MHz, la distancia  $d$  en Km y la atenuación  $A_o$  en dB.

### 2.3.4. ATENUACIONES ADICIONALES.

La propagación atmosférica produce:

- **Refracción** es el cambio de dirección que experimenta una onda al pasar de un medio material a otro. Sólo se produce si la onda incide oblicuamente sobre la superficie de separación de los dos medios y si éstos tienen índices de refracción distintos. La refracción se origina en el cambio de velocidad de propagación de la onda.

- **Difracción** es un fenómeno característico de las ondas, éste se basa en el curvado y esparcido de las ondas cuando encuentran un obstáculo o al atravesar una rendija. La difracción ocurre en todo tipo de ondas, desde ondas sonoras, ondas en la superficie de un fluido y ondas electromagnéticas como la luz y las ondas de radio. También sucede cuando un grupo de ondas de tamaño finito se propaga; por ejemplo, por causa de la difracción, un haz angosto de ondas de luz de un láser deben finalmente divergir en un rayo más amplio a una cierta distancia del emisor.
- **Atenuación** es la disminución de la intensidad de la onda por reflexiones en el terreno.
- **Desvanecimiento** por múltiple trayectoria (formación de ductos).
- **Absorción** por arboledas cercanas a la antena y por gases o hidrometeoros (lluvia, nieve, etc.).
- **Dispersión** (debido a precipitaciones), es el fenómeno de separación de las ondas de distinta frecuencia al atravesar un material; todos los medios materiales son más o menos dispersivos, y la dispersión afecta a todas las ondas.
- **Desacoplamiento** de la polarización de la onda.

### 2.3.5. MARGEN DE DESVANECIMIENTO FM

Se define sobre el mismo el Margen de Desvanecimiento FM (Fading Margin) como la diferencia en dB entre el nivel de la potencia recibida  $P_n$  y el nivel mínimo de potencia que asegura una determinada tasa de error BER (denominada potencia umbral del receptor  $P_u$ ).

$$FM = P_n - P_u$$

Ec. 2.7.

**Tabla 2.2.** Muestra los valores típicos del Margen de Desvanecimiento en función del porcentaje de confiabilidad del sistema.

Porcentaje de confiabilidad (%)	Margen de Desvaneciendo (dB)
90	10
99	20
99.9	30
99.99	40

La potencia de recepción nominal se obtiene restando a la  $P_t$  en dBm las atenuaciones debidas a filtros y circuladores (branching)  $A_b$ , a cable coaxial o guía de onda  $A_g$ , al espacio libre  $A_o$  y sumando las ganancia de antenas  $G_a$ . En términos matemáticos:

$$P_n = P_t - A_{b1} - A_{g1} + G_{a1} - A_o + G_{a2} - A_{g2} - A_{b2} \quad \text{Ec. 2.8.}$$

Los valores de atenuación por filtros son cercanos a 0,2 dB dentro de la banda de paso. Los circuladores producen una atenuación en el sentido directo cercano a 0,2 dB. Por ello el valor  $A_b$  depende del número de componentes en el branching.

La atenuación de cable coaxial o guía de onda se expresa en dB/100m de longitud y es una función directa de la frecuencia de trabajo. La ganancia de la antena se expresa en la dirección de máxima directividad y es función directa de la frecuencia.

El margen de desvanecimiento FM se puede ver reducido debido a la presencia de obstáculos, interferencias y desvanecimiento.

**D:** Distancia del transmisor al objetivo, en Km.

**F:** Frecuencia de la portadora en GHz.

**R:** Objetivo de confiabilidad de la transmisión, en formato decimal.

$$F_m \text{ (dB)} = 30 \times \log D + 10 \times \log (6 \times A \times B \times F) - 10 \times \log (1 - R) - 70 \quad \text{Ec. 2.9}$$

**Tabla 2.3.** Factor de Rugosidad

<b>Factor de Rugosidad de Terreno</b>	
<b>(Valores característicos)</b>	
4,00	Espejos de agua, ríos muy anchos, etc.
3,00	Sembrados densos; pastizales; arenales
2,00	Bosques (la propagación va por encima)
1,00	Terreno normal
0,25	Terreno rocoso (muy) desparejo

**Tabla 2.4.** Factor de Análisis Climático Anual

<b>Factor de Análisis climático anual</b>	
<b>(del tipo promedio, anualizado)</b>	
1,000	Área marina o condiciones de peor mes
0,500	Prevalen áreas calientes y húmedas
0,250	Áreas mediterráneas de clima normal
0,125	Áreas montañosas de clima seco y fresco

## 2.4. EFECTO DE REFRACCIÓN SOBRE LA PROPAGACIÓN

### 2.4.1. ÍNDICE DE REFRACCIÓN

A continuación se estudia el efecto de la refracción y la forma de expresarlo en términos de una degradación del margen de desvanecimiento. En ITU-R se define la atmósfera de referencia para la refracción. La variación del índice de refracción  $n$  es una función de la altura sobre el nivel del mar, de las condiciones atmosféricas y de la época del año. Se ha determinado la siguiente ley de variación:

$$n(h) = 1 + a \cdot \exp(-b \cdot h) \quad \text{Ec. 2.10.}$$

Donde,  $a$  y  $b$  son constantes que se determinan por métodos estadísticos y  $h$  es la altura sobre el nivel del mar en Km. El índice de refracción se define como el cociente entre la velocidad de propagación de la onda radioeléctrica en el vacío y

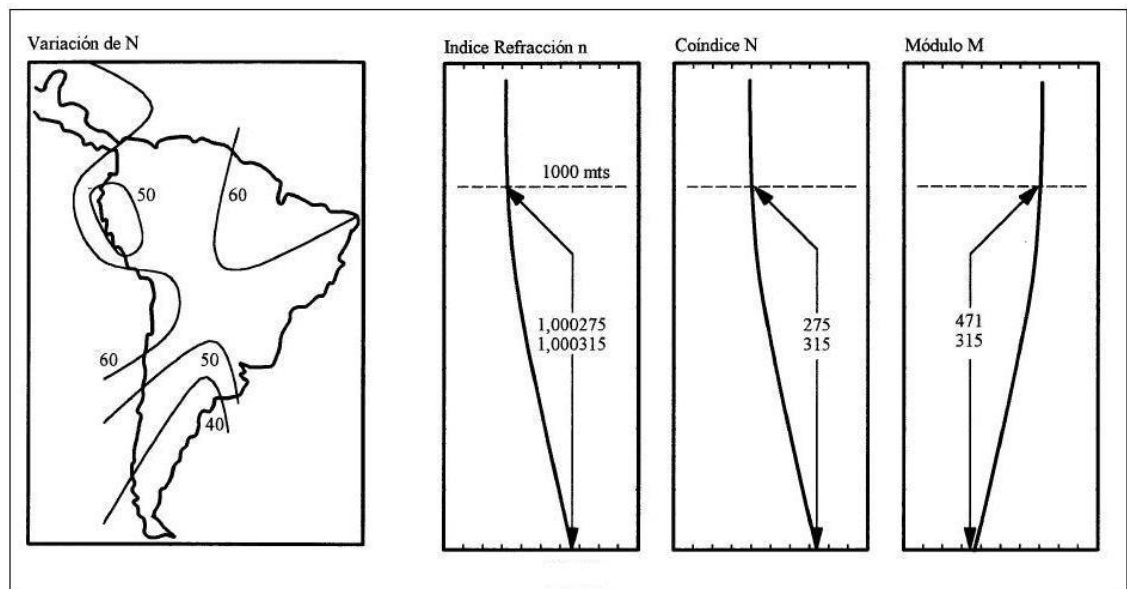


la velocidad de la onda a la altura  $h$  en la atmósfera. Como referencia se ha determinado el valor:

$$n(h) = 1 + 315 \cdot \exp(-0,136 \cdot h) \cdot 10^{-6} \quad \text{Ec. 2.11.}$$

En palabras, a la altura del nivel del mar ( $h = 0$  km) el índice de refracción es 1,000315. Como el índice  $n$  disminuye desde 1,000315 en forma exponencial con el incremento de la altura se dice que en una atmósfera normal la derivada del índice respecto de la altura ( $\delta n / \delta h$ ) o gradiente, es negativa.

**Figura 2.2.** Efecto de la radiación en la atmósfera.



**B.2.** En la fig. 2.2. se muestra el índice de refracción  $n$ , el coíndice  $N$  y el módulo  $M$  todos ellos versus la altura sobre el nivel del mar.

#### 2.4.2. REFRACCION CON ENLACES CON LINEA DE VISTA

Las ondas electromagnéticas se refractan cuando pasan de un material con un índice de refracción diferente al del otro. En la atmósfera terrestre el índice de refracción decrece de manera gradual a medida que aumenta la altura. El efecto que estas variaciones causan en las ondas es una curvatura conforme viajan del transmisor al receptor. Esta curvatura varía según los cambios en temperatura,

presión y humedad. Bajo condiciones normales de propagación, es decir que las variaciones en el índice de refracción sean graduales, el efecto de curvatura sobre la trayectoria la aleja de la superficie terrestre, permitiendo la línea de vista. En otro caso, los incrementos en el índice de refracción provocan que la trayectoria sea curvada hacia la superficie de la tierra, lo que provocaría obstrucciones por la superficie de la tierra o vegetación.

#### **2.4.2.1. COINDICE DE REFRACCIÓN**

Como el valor de  $n$  es cercano a la unidad se prefiere definir el coíndice de refracción  $N$  como:

$$N = (n-1) \cdot 10^6 \quad \text{Ec. 2.12.}$$

Es decir, para  $n=1,000315$  el  $N=315$ , lo cual resulta en una valor más cómodo. En la Fig. 2.2. se muestra un ejemplo. El valor de  $N$  y  $n$  es una función climática:

$$N = 77,6/T \cdot (P + 4810 \cdot e/T); \text{ donde } P = 216,7 \cdot e/T \quad \text{Ec. 2.13.}$$

Donde  $P$  es la presión atmosférica en milibares,  $e$  es la presión del valor de agua en mb y  $T$  la temperatura en grados Kelvin.

La relación  $e/T$  da lugar a la concentración del vapor de agua  $p$  en gr/m<sup>3</sup>.

#### **2.4.2.2. MODULO DE REFRACCIÓN M**

Es el exceso del índice modificado con relación a la unidad:

$$M = (n + h/R_o - 1) \cdot 10^6 \quad \text{Ec. 2.14.}$$

Donde  $(n + h/R_o)$  se denomina índice de refracción modificado y está determinado por la altura  $h$  y el radio de la Tierra  $R_o = 6370$  Km. Cuando  $h$  corresponde al nivel del mar el valor de  $M$  corresponde a  $N$ , es decir:

$$M = N + h/R_o \cdot 10^6$$

Ec. 2.15.

Obsérvese que el valor de  $M$  se incrementa con la altitud. Como el índice de refracción  $n$  disminuye con la altura se tiene que la onda radioeléctrica se curva hacia abajo debido a la ley de Snell. Por ello es importante el valor del gradiente entre el índice y la altura cercana a la superficie de la Tierra.

### 2.4.2.3. GRADIENTE DEL ÍNDICE DE REFRACCIÓN

Se ha definido el gradiente normal del coíndice de refracción al valor mediano del gradiente en los primeros 1000 m de altura para zonas templadas. El mismo corresponde a  $N(h)$ :

$$h = 0 \text{ Km}; n(0) = 1,000315 \text{ y } N(0) = 315$$

$$h = 1 \text{ Km}; n(1) = 1,000275 \text{ y } N(1) = 275; \delta N/\delta h = -40 \text{ N/Km}$$

Una atmósfera se define como subnormal (sub-estándar) cuando el gradiente supera el umbral de  $-40/\text{Km}$  y como supernormal (súper-estándar) si es inferior a  $-40/\text{Km}$ . Como se trata de un valor normal el 50% del tiempo se está por encima o por debajo de este umbral. Los valores de  $\delta N/\delta h$  dependen del clima y en la fig. 2.2. se muestra la información para América.

### 2.4.2.4. CONDICIONES DE PROPAGACIÓN

Los factores atmosféricos que intervienen en la propagación son:

- **Convección:** producida por el calentamiento del suelo lo cual introduce una reducción de temperatura con la altura. Se encuentra en tiempo claro y corresponde a una propagación estándar.
- **Turbulencia:** producida por efecto del viento y con condiciones de propagación estándar.

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

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

## 2.5. PROTUBERANCIA DEL TERRENO

Un método de trabajo puede ser el siguiente: se gráfica en un reticulado ortogonal el perfil del terreno y el rayo que une las antenas tiene una curvatura de acuerdo con el valor de K. Otra posibilidad: se gráfica el perfil del terreno sobre una Tierra con curvatura correspondiente a  $K= 4/3$  y el rayo es recto. En ambos casos se

observa que la Tierra se levanta cuando el valor de  $K$  disminuye. Ambas posibilidades se tienen en la fig. 2.3.

Se puede determinar el valor de la curvatura (protuberancia) de la Tierra en un punto del enlace mediante:

$$C = 4.(d1.d2)/51.K \qquad \text{Ec.2.16.}$$

Donde,  $C$  es la curvatura expresada en metros y las distancias  $d1$  y  $d2$  se indican en Km. El valor de  $C$  se incrementa cuando  $K$  disminuye. Cuando se efectúan inspecciones visuales de los obstáculos se debe tener en cuenta que los rayos luminosos no se curvan tanto como las microondas. La atmósfera normal para la luz visible tiene un  $K=1,18$  (valor mínimo que corresponde a la refracción mínima y estable entre las 12 y 15 hs).

Téngase en cuenta que el valor usado como estándar ( $K=1,34$  y  $\delta N=-40$  /Km) es distinto para otros lugares del planeta. Por ejemplo, en algunas partes del sur de América se tiene  $\delta N= -60$  /Km lo que corresponde a un valor de  $K=1,62$ . Si se supone un enlace de 50 Km con un obstáculo ubicado a  $d1=20$  Km y  $d2=30$  Km desde las estaciones. El valor de  $C$  para  $K=4/3$  es de 35 mts mientras que el valor de  $C$  para  $K=1$  es de 47 mts. Se puede decir que la variación del factor  $K$  desde  $4/3$  a 1 produjo que la Tierra se "levante" 12 metros.

### **2.5.1. EFECTO DE LA DIFRACCIÓN SOBRE LA PROPAGACIÓN**

Una antena se asimila a un emisor de un frente de onda en expansión. De acuerdo con el principio de Huygen (físico holandés del siglo XVII) cada elemento del frente de la onda produce un frente de onda secundario. Es decir que, a la antena receptora llega señal desde cada punto del frente de onda (señal difractada); existen entonces infinitos caminos que unen las antenas. Como los rayos así difractados recorren un camino más extenso llegan con un cierto retardo que puede producir una interferencia que se suma o se resta de acuerdo con la fase

relativa. El efecto queda determinado por una familia de elipsoides de Fresnel (matemático francés del siglo XIX) con focos en las antenas.

## 2.6. RADIO FICTICIO DE LA TIERRA

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

$$R_a = K \cdot R_o \text{ donde } R_o \text{ es } 6370 \text{ Km.} \quad \text{Ec. 2.17.}$$

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

$$1/\sigma = - \delta n / \delta h \quad \text{Ec. 2.18.}$$

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

$$1/R_o - 1/\sigma = 1/K \cdot R_o \quad \text{Ec. 2.19.}$$

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

$$K = (1 + R_o \cdot \delta n / \delta h) - 1 = (1 + 0,00637 \cdot \delta N / \delta h) - 1 \quad \text{Ec. 2.20.}$$

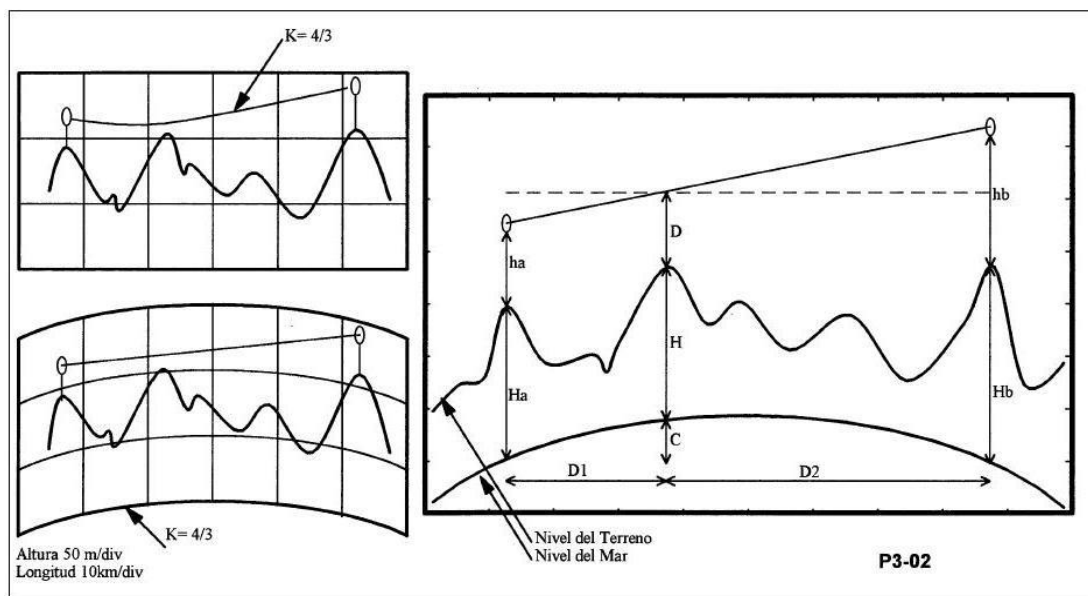
El valor de  $K$  sigue las estadísticas de  $N$ . Se dice que el horizonte de la Tierra se "levanta" cuando  $K$  es inferior al valor promedio. Para  $\delta N / \delta h = -40/\text{Km}$  el valor de  $K$  es de 1,34 (conocido como  $4/3$ ); esto corresponde a un radio aparente de la Tierra de 8500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

La curvatura del rayo depende del gradiente y los cambios de éste pueden producir conductos y propagación por caminos múltiples o desenfoco de las antenas. Además pueden producirse atenuaciones por obstrucción. En la propagación por el espacio libre la energía se dispersa en dos direcciones ortogonales respecto al sentido de propagación. Por ello la atenuación del espacio libre es una función cuadrática de la distancia. Según ITU-R I.718-2 en el caso de altos valores de gradiente del índice se produce una reflexión en un conducto atmosférico y la atenuación es menor pudiendo llegar a ser proporcional a la primer potencia de la distancia. En el caso extremo de un conducto continuo entre antenas emisora y receptora la atenuación del espacio es:

$$A_0 = 32,5 \text{ dB} + 20 \cdot \log f + 10 \cdot \log d \quad \text{Ec. 2.21.}$$

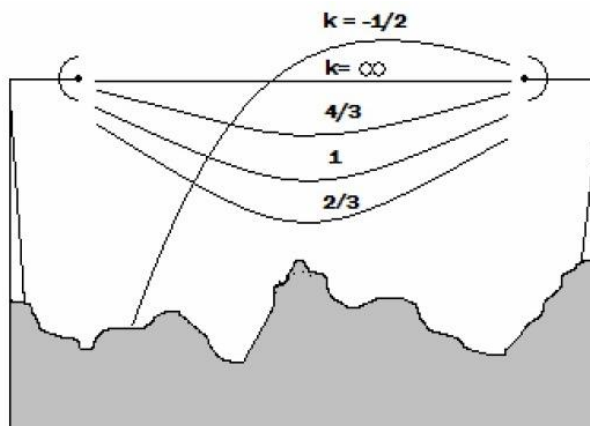
La propagación normal es favorecida por la baja presión creada por turbulencias y el cielo cubierto. Generalmente provocadas en terreno rugoso o montañoso. El valor de  $K = 4/3$  corresponde a una región de clima tropical templado. En regiones árticas el valor estándar corresponde a 1,2 mientras que en el trópico se incrementa a 1,6. Esta conclusión puede obtenerse de los valores presentados en la fig. 2.3.

El valor estándar de  $K$  se debe completar con el valor de  $K$  para el "peor caso". En ITU-R I.338-5 se indica el comportamiento de  $K$  en un clima tropical templado en función de la longitud del enlace para una atmósfera subnormal en el 99,9 % del tiempo. Por ejemplo, para una longitud del enlace de 50 Km el valor de  $K = 0,8$  es superado el 99,9 % del tiempo.

**Figura 2.3.** Curvatura del Rayo y Factor K

C.2. En la fig. 2.3. se muestra la curvatura de la onda en una atmósfera normal, siendo  $K=4/3$  que corresponde a una región de clima tropical templado.

Se dice que la onda es “subrefractada” ( $0 < K < 4/3$ ), la onda es “superefractada” ( $4/3 < K < 8$ ), cuando la onda está en condiciones de  $k = 4/3$ , que es el valor para una atmósfera estándar, ya que de acuerdo a valores experimentales se encontró que éste era el valor medio. De manera que el factor K multiplicado por el radio terrestre da el radio ficticio de la Tierra. En la fig. 2.4 se esquematiza la variación en la curvatura de la onda para varios valores del factor K.

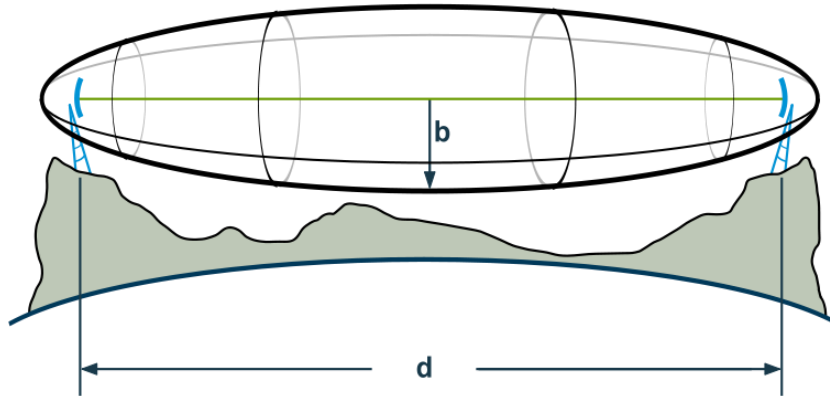
**Figura 2.4.** Variación en la trayectoria para diferentes factores K.

D.2. En la fig. 2.4. se muestra cómo va variando la trayectoria de la onda para diferentes valores de K.



## 2.7. ZONAS DE FRESNEL

**Figura 2.5.** Zonas de Fresnel



**E.2.** En la fig. 2.5. se muestra la zona de Fresnel y su respectivo radio para una distancia determinada.

**d** es la distancia entre el emisor y el receptor.

**b** es el radio de la zona Fresnel.

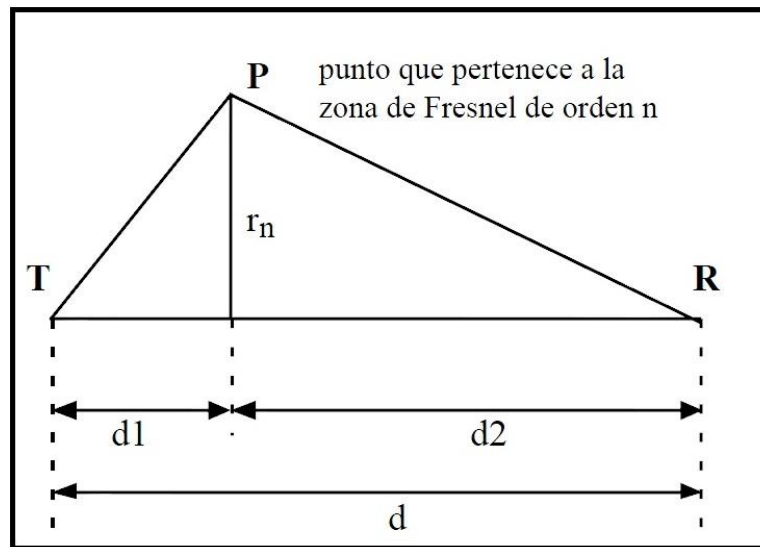
Se llama zona de fresnel al volumen de espacio entre el emisor de una onda - electromagnética y un receptor, de modo que el desfase de las ondas en dicho volumen no supere los  $180^\circ$ . Así, la fase mínima se produce para el rayo que une en línea recta al emisor y el receptor. Tomando su valor de fase como cero, la primera zona de Fresnel abarca hasta que la fase llegue a  $180^\circ$ , adoptando la forma de un elipsoide de revolución. La segunda zona abarca hasta un desfase de  $360^\circ$ , y es un segundo elipsoide que contiene al primero. Del mismo modo se obtienen las zonas superiores.

La obstrucción máxima permisible para considerar que no hay obstrucción es el 40% de la primera zona de Fresnel. La obstrucción máxima recomendada es el 20%. Para el caso de radiocomunicaciones depende del factor  $K$  (curvatura de la tierra) considerando que para un  $K=4/3$  la primera zona de Fresnel debe estar despejada al 100% mientras que para un estudio con  $K=2/3$  se debe tener despejado el 60% de la primera zona de Fresnel.

Para establecer las zonas de Fresnel, primero debemos determinar la línea de vista de RF, que de forma simple, es la línea recta que une los focos de las antenas transmisora y receptora.

### 2.7.1. CÁLCULO DE LA ZONA DE FRESNEL

**Figura 2.6.** Cálculo para la Zona de Fresnel



**F.2.** En la fig. 2.6. se hace un análisis para el cálculo de la zona de Fresnel.

Dónde:

$r_n$  = radio de la  $n$ ésima zona de Fresnel en metros ( $n=1,2,3\dots$ ).

$d_1$  = distancia desde el transmisor al objeto en metros.

$d_2$  = distancia desde el objeto al receptor en metros.

$\lambda$  = longitud de onda de la señal transmitida en metros.

$d$  = es la suma de  $d_1 + d_2$

P = punto que pertenece a la zona de Fresnel de orden n

$$\overline{TP} + \overline{PR} - \overline{TR} = n(\lambda / 2) \quad \text{Ec. 2.22.}$$

$$\overline{TP} = \sqrt{d_1^2 + r_n^2} = d_1 \sqrt{1 + \left| \frac{r_n}{d_1} \right|^2} \quad \text{Ec. 2.23.}$$

$$\overline{PR} = \sqrt{d_2^2 + r_n^2} = d_2 \sqrt{1 + \left| \frac{r_n}{d_2} \right|^2} \quad \text{Ec. 2.24.}$$

Se hace  $r_n \ll d_1$  y  $r_n \ll d_2$ , y los radicales se desarrollan en series de Mc Laurin:

$$\overline{TP} \approx d_1 \left| 1 + \frac{1}{2} \left| \frac{r_n}{d_1} \right|^2 + \dots \right| \quad \text{Ec. 2.25.}$$

$$\overline{PR} \approx d_2 \left| 1 + \frac{1}{2} \left| \frac{r_n}{d_2} \right|^2 + \dots \right| \quad \text{Ec. 2.26.}$$

Sustituyendo en Ec. 2.22.

$$d_1 + \frac{1}{2} \left| \frac{r_n^2}{d_1} \right| + d_2 + \frac{1}{2} \left( \frac{r_n^2}{d_2} \right) - d_1 - d_2 = n \frac{\lambda}{2} \quad \text{Ec. 2.27.}$$

$$r_n = \sqrt{\frac{n \cdot \lambda \cdot d_1 \cdot d_2}{d}} \quad \text{Ec. 2.28.}$$

Fórmula de aplicación práctica para la primera zona de Fresnel.

$$r_1 = 548 \sqrt{\frac{d_1 \cdot d_2}{f \cdot d}} \text{ [mts]} \quad \text{Ec. 2.29.}$$

Dónde:

$r_1$  = radio en metros (m).

$d$  = distancia en kilómetros (km) ( $d_1 = d_2$ ,  $d = d_1 + d_2$ ).

$f$  = frecuencia de la transmisión en Megahercios (MHz).

## 2.8. BALANCE DE POTENCIAS

Este procedimiento se realiza normalmente para hacer una estimación rápida y determinar si el radio enlace funcionará correctamente o no; pero se debe tener en cuenta de que se trata de un cálculo teórico y por lo tanto está sujeto a variaciones debido a muchos factores: como el apuntamiento de las antenas, interferencias no deseadas, reflexiones etc.

Al analizar las principales magnitudes que se utilizan para calcular el balance de potencias de un radio enlace, siendo el resultado final de los cálculos el margen resultante o el margen de desvanecimiento neto (fading margin), cuyo valor va proporciona la información necesaria acerca del funcionamiento del sistema desde el punto de vista teórico.

### 2.8.1. POTENCIA TRANSMITIDA

Esta potencia se expresa normalmente en unidades lineales (mW, W) o logarítmicas (dBm, dBW); para la conversión entre magnitud lineal y logarítmica se utiliza la siguiente fórmula:

$$P_{TX} \text{ (dBm)} = 10 \log_{10} (P(W)/0,001) \quad \text{Ec. 2.30.}$$

Cuando la potencia a transmitirse sea de 1W

$$P_{TX} \text{ (dBm)} = 10 \log_{10} ((1W)/0,001)$$

$$P_{TX} \text{ (dBm)} = 30$$

### 2.8.2. GANANCIA DE LA ANTENA TRANSMISORA Y RECEPTORA

En este tipo de antenas la ganancia se proporciona habitualmente en dB isotrópicos (dBi), es decir la ganancia de la potencia con respecto a un modelo teórico de antena isotrópica que radia la misma energía en todas direcciones del

espacio, siendo en algunos casos la ganancia expresada en dBd con respecto a una antena de tipo dipolo.

Conversión de la ganancia de una antena de dBd a dBi.

$$\mathbf{G(dBi)} = \mathbf{G(dBd)} + 2.15 \qquad \text{Ec. 2.31}$$

La ganancia viene dada en dBi y es la misma tanto para la antena transmisora como para la antena receptora; esto se refiere a su capacidad direccional de la señal en un sentido de propagación, disminuyendo la energía irradiada en las otras direcciones y concentrándola en una sola dirección.

## **2.9. SISTEMAS DE TV**

La Televisión se define como la transmisión y recepción a distancia de señales eléctricas de imágenes visuales transitorias. Para una reproducción fiel de los motivos en color, cada elemento geométrico de imagen debe estar representado no solamente por la intensidad o brillo como en televisión monocromática, sino por tres cantidades separadas. Pueden ser estas los brillos de tres colores primarios. También puede representar una señal el matiz resultante, una segunda señal la saturación del matiz y una tercera el brillo. En cualquiera de estos dos procedimientos puede hacerse la medida y la especificación del color.

Antes de tratar con las interferencias de televisión debemos dar una introducción sobre los diferentes sistemas de televisión empleados.

En Estados Unidos, Canadá, México, Japón y otros países se utiliza la norma N.T.S.C. (National Television Steering Committee) que fue la primera en funcionar.

En Europa principalmente se usa la norma PAL (Phase Alternance Line) que es una mejora de NTSC.

### 2.9.1. SISTEMAS DE TELEVISION EN SUDAMÉRICA Y NORTEAMÉRICA

En la tabla 2.5. se muestran los sistemas de televisión de cada país y la tensión en voltios de la red eléctrica junto con su frecuencia en Hz.

Los países con sistemas PAL normalmente (salvo excepciones) tienen una tensión de 220V y 50Hz.

Los países con sistemas NTSC como Bolivia, Chile, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Estados Unidos, Honduras, México, Nicaragua, y Venezuela normalmente tienen una tensión de 110/220 V 60Hz.

**Tabla 2.5.** Sistemas de Televisión para Sudamérica y Norteamérica.

PAIS	SISTEMA	TENSION	FREQ
ARGENTINA	PAL	220	50
BOLIVIA	NTSC	110/220	50
BRASIL	PAL *	110/220	60
CANADA	NTSC	120	60
CHILE	NTSC	220	50
COLOMBIA	NTSC	110/220	60
<b>ECUADOR</b>	<b>NTSC</b>	<b>120</b>	<b>60</b>
MEXICO	NTSC	125	60
PARAGUAY	PAL	220	50
PERU	NTSC	220	60
USA	NTSC	120	60
VENEZUELA	NTSC	120	60
URUGUAY	PAL	220	50

### 2.9.2. ESTRUCTURA DE UN CANAL DE TV

Un canal de TV en el estándar NTSC es el que se muestra en la figura 2.7. tiene un ancho de banda de 6 MHz. La modulación de la imagen en blanco y negro es en amplitud y para no ocupar mucho espectro lo que se hace es utilizar la técnica

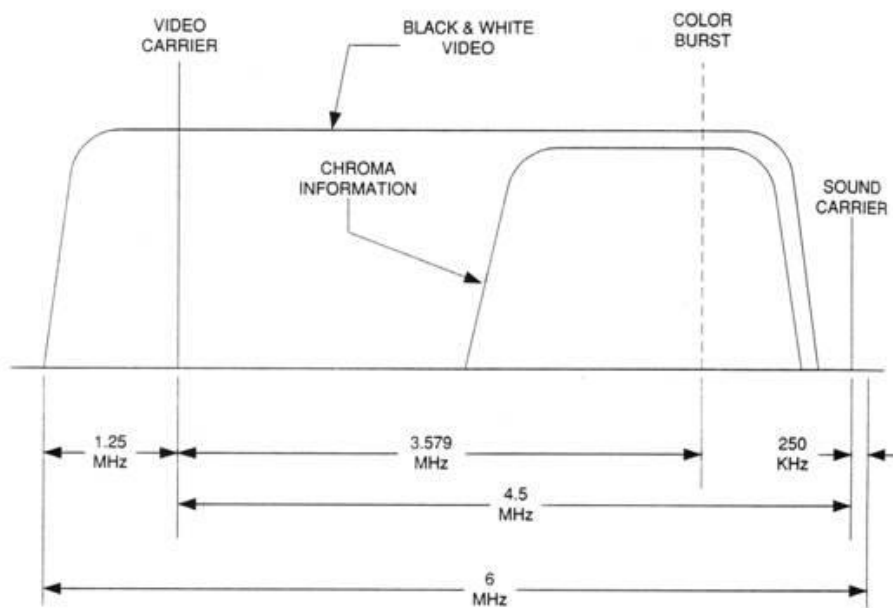
de banda lateral vestigial (LVB) que nos ahorra casi la mitad de espectro. Existen dos portadoras en una señal de televisión que se encargan de la imagen.

La portadora principal y la subportadora de color tienen una separación de 3.579 MHz entre ambas.

La señal encargada del color se modula en fase o cuadratura. La elección de las frecuencias en NTSC permite que ambas señales (Blanco y negro y color) no interfieran entre ellas a pesar de ocupar la misma zona del espectro.

Para el sonido disponemos de una tercera portadora a 4.5 MHz de la portadora principal. La modulación se hace en este caso en FM con un ancho de banda de 250 KHz.

**Figura 2.7.** Ancho de banda de un canal de televisión.



**G.2.** En la fig. 2.7. Se muestra el ancho de banda de un canal de TV que es de 6 MHz.

### 2.9.3. DESCRIPCIÓN DE UN RECEPTOR DE TV

La señal de Radio Frecuencia (RF) es la que nos llega de la antena y pasa por el sintonizador (TUNER) que la mezcla con una oscilación de referencia y nos la

convierte en una señal IF (Frecuencia intermedia). Tras pasar por un amplificador IF llegamos a la etapa de detección de video que nos separa la información de imagen y que es procesada a continuación mediante circuitos de barrido para ser mostrada en un tubo de rayos catódicos (TRC). El sonido es procesado de forma independiente por un circuito de demodulación FM y posteriormente amplificado. Para la conexión entre antena y receptor se puede utilizar dos tipos de conductores de señal que son el cable bifilar de 300 ohmios y el cable coaxial de 75 ohmios, este último ahora predominante, pero todavía podemos conductores de 300 ohmios sobre todo en receptores antiguos.

## **2.10. INTERFERENCIAS QUE PUEDEN DEGRADAR LA RECEPCIÓN DE UN CANAL DE TELEVISIÓN**

Las interferencias electromagnéticas (EMI) en video y televisión son fácilmente visibles en la pantalla y pueden llegar a ser molestas.

### **2.10.1. INTERFERENCIA DE LA TELEVISIÓN**

Es un caso particular de interferencia electromagnética el cual afecta al receptor. Muchos fenómenos naturales y artificiales pueden interrumpir la recepción de las señales de la televisión. Éstos incluyen descargas naturales y artificiales de la chispa, y los efectos debido a la operación de los radiotransmisores.

### **2.10.2. SOBRECARGA DE LA FUNDAMENTAL**

Esta anomalía se produce en los receptores cuando hay una fuerte señal a la entrada. El receptor no puede procesar adecuadamente la señal tan fuerte y distorsiona la información en blanco y negro de la imagen. Los síntomas típicos de la sobrecarga suelen ser: aparición de rayas diagonales y de una imagen oscura. Las normas recomiendan de 25 a 30 dB de relación señal-ruido para evitar la sobrecarga.



### **2.10.3. SOBRECARGA ARMÓNICA**

Aunque la sobrecarga de la fundamental suele ser la más común de las interferencias EMI en los receptores TV, los armónicos pueden también interferir si no se limita su intensidad. Los armónicos son múltiplos enteros de la frecuencia de la fundamental, y pueden alcanzar valores realmente elevados si no se cuida la linealidad de los circuitos. El estándar FCC nos da un margen de nivel de intensidad para los armónicos de -40dBc a -60 dBc siendo dBc la medida en decibelios respecto a la portadora.

Para evitar en lo máximo esta interferencia debemos evitar que los circuitos trabajen en la zona no lineal, sobre todo en el caso de transistores BJT y procurar que no se oxide o deteriore cualquier conexión en la zona de emisión de la señal.

### **2.10.4. RECTIFICACIÓN DE AUDIO**

Consiste en la captación de una señal de audio de una fuente ajena a la emisión normal. Esta captación se produce en las etapas de amplificación de audio. Es interesante saber que esta captación es más grande cuando la antena del emisor que interfiere tiene la polarización vertical. Una buena indicación de este síntoma es que la interferencia se escucha sea cual sea el ajuste del volumen del TV.

### **2.10.5. INTERFERENCIA IMD**

Un receptor de TV es un amplificador y demodulador de una señal de radio, así que también es susceptible a una interferencia de distorsión de intermodulación (IMD). La interferencia IMD ocurre cuando dos o más señales están presentes a la entrada del receptor. Estas señales producen frecuencias adicionales debido a su suma y diferencia de frecuencias  $mF_1$  y  $nF_2$  con  $m$  y  $n$  como enteros mayores o iguales a cero. Esto produce un montón de frecuencias. Si dos frecuencias de señal cualquiera producen una frecuencia que se halla dentro de la banda de TV

entonces se producirá la interferencia. Suele ser común ver por ejemplo dos canales de televisión en uno debido a esta interferencia.

#### **2.10.6. INTERFERENCIA IF**

La interferencia IF existe debido al bloque de amplificación IF del receptor. Es fácil de identificar porque afecta a todos los canales que podamos ver en el televisor, lo que nos hace pensar en un principio en una interferencia de antena. Suele mostrarse en pantalla como una serie de rayas diagonales en zig-zag que cambian de orientación cuando se hace un ajuste fino de sintonía. Ninguna otra interferencia hace eso.

#### **2.10.7. CAPTACIÓN DIRECTA (DIRECT PICKUP)**

Ocurre con frecuencia para emisoras de varios kilovatios de potencia. La señal es recibida directamente en el televisor sin pasar por la antena. El motivo es el cableado interno del aparato que actúa como una antena secundaria. Los síntomas de esta anomalía es la recepción de una imagen fantasma adelantada a la imagen normal. Esto se explica por el retraso que tiene la señal al ser transmitida por el cable con respecto a la señal recibida directamente de la emisora por la circuitería del receptor.

La forma de verificar esta interferencia es cerrando la transmisión de antena por su impedancia característica (75 y 300 ohm. Según el caso) y observar como el nivel de señal no decrece en caso de que ocurra la captación directa.

#### **2.10.8. SEÑALES EN MODO COMÚN Y EN MODO DIFERENCIAL**

Las interferencias en modo diferencial suelen introducirse en la línea de transmisión mientras que las señales en modo común tienen como vía de entrada la alimentación AC y a veces también en la línea de transmisión. El tratamiento

del problema es por tanto distinguiendo ambos modos de señal. Puede ocurrir que tengamos que suprimir ambas formas simultáneamente.

## **2.11. FILTROS PARA DISMINUIR INTERFERENCIAS ELECTROMAGNÉTICA (EMI)**

### **2.11.1. FILTROS EN MODO COMÚN**

Los filtros en modo común son de dos variedades: para las señales que vienen de la alimentación AC y las que vienen de la línea de transmisión. Ambas son usadas para suprimir las interferencias EMI en los sistemas de televisión. Consisten en un núcleo toroidal de material ferromagnético al que se arrolla el cable por donde pasa la interferencia.

Esta configuración actúa como bobina de choque y minimiza las interferencias en modo común de forma satisfactoria. Este montaje deber estar lo más próximo posible del receptor tanto para el caso de línea de transmisión como de alimentación.

### **2.11.2. FILTRADO**

La señal puede ser filtrada directamente en los terminales de antena o en el cordón de alimentación AC. En este caso estudiaremos un filtro que se puede insertar en la línea de transmisión. La instalación del filtro tanto en cables de 300 y 75 ohmios (Casos A y B respectivamente. La clave en ambos casos es tener la línea de transmisión lo más corta posible entre filtro y televisor. Podría ser preferible instalar el filtro directamente en el interior del aparato, justo a la entrada del sintonizador, pero no suele ser fácil hacerlo debido a que hay que abrir el aparato y acceder a la zona correcta.

El tipo de filtro a instalar depende de la naturaleza del transmisor que produce la interferencia en el televisor. En casos donde la interferencia está siendo causada

por un emisor en alta frecuencia (radioaficionado, CB o banda comercial), hay que usar un filtro pasa-altos en la instalación TV. Debería haber una frecuencia de corte del filtro aproximadamente en el canal de televisión de menor frecuencia (Canal 2 VHF). Para interferencias de alta frecuencia (VHF y UHF) se usarán filtros pasa-bajos, pasa-altos, pasa-bandas o de banda suprimida dependiendo del problema concreto.

Si la emisión interferente ocupa más de un canal de TV, puede ser necesario usar un filtro de banda suprimida centrado en la frecuencia de emisión perturbadora en el receptor de TV.

Hay que recordar que un cable coaxial es de tipo no balanceado porque la señal sólo se transmite por el conductor interno, mientras que el externo se suele poner a masa y actúa como referencia de señal.

### **2.11.3. FILTROS DEL TIPO STUB**

Se usan, como los anteriores para la eliminación de EMI. Se denominan así porque usan segmentos de cable coaxial para construir el filtro.

Se suelen usar secciones de cable de un cuarto de onda y de media onda, se usan principalmente para banda suprimida, es decir para eliminar una banda de frecuencias no deseadas.

### **2.12. ATENUACIÓN POR OBSTRUCCIÓN**

En la figura 2.8. se muestra la atenuación introducida por el obstáculo en función de la relación entre el despejamiento y el primer radio de Fresnel  $D/F1$ .

El valor mostrado en la figura es válido cuando se trata de una atmósfera estándar. Cuando el valor de  $K$  es inferior a  $4/3$  el rayo se curva hacia la tierra y la obstrucción aumenta. Obsérvese que un horizonte representado por una esfera homogénea produce mayor atenuación por difracción que una arista (filo de

cuchillo). La Tierra plana tiene una curva igual a la esfera homogénea por encima de  $D/F1=0,2$ ; por debajo la atenuación es mayor a la esfera. La esfera o Tierra plana produce una inversión de fase de  $180^\circ$  en la reflexión; la cual varía de acuerdo con las imperfecciones del terreno.

La expresión para la arista se aproxima, para valores de  $D/F1$  inferiores a  $-1$ , mediante:

$$A_t = 6,9 \text{ dB} + 20 \cdot \log \{ D/F1 + [(D/F1)^2 + 1]^{1/2} \} \quad \text{Ec. 2.32.}$$

Téngase en cuenta que con  $D/F1=0$  la atenuación es de 6 dB para una arista. En ITU-R I.338 se indica el valor para un obstáculo promedio:

$$A_t = 10 + 20 \cdot \log D/F1 \quad \text{Ec. 2.33.}$$

Cuando el valor de  $D/F1$  es inferior a  $-0,5$ .

Cuando el valor de  $D/F1$  es positivo, es decir cuando el rayo pasa sobre el obstáculo se producen zonas de ganancia y atenuación sucesivas. Las mismas corresponden a obstaculizar las zonas pares e impares respectivamente. Un valor muy interesante corresponde a  $D/F1$  cercano a  $0,6$ . En este valor se compensa la atenuación producida sobre las zonas pares con las impares y el nivel de recepción es equivalente al obtenido en el espacio libre de obstáculos. En otras palabras, si se dispone de un despejamiento equivalente a  $D = 0,6 \cdot F1$  se puede aplicar la teoría desarrollada en la ecuación del enlace. Este valor se denomina criterio de planificación o de despejamiento.

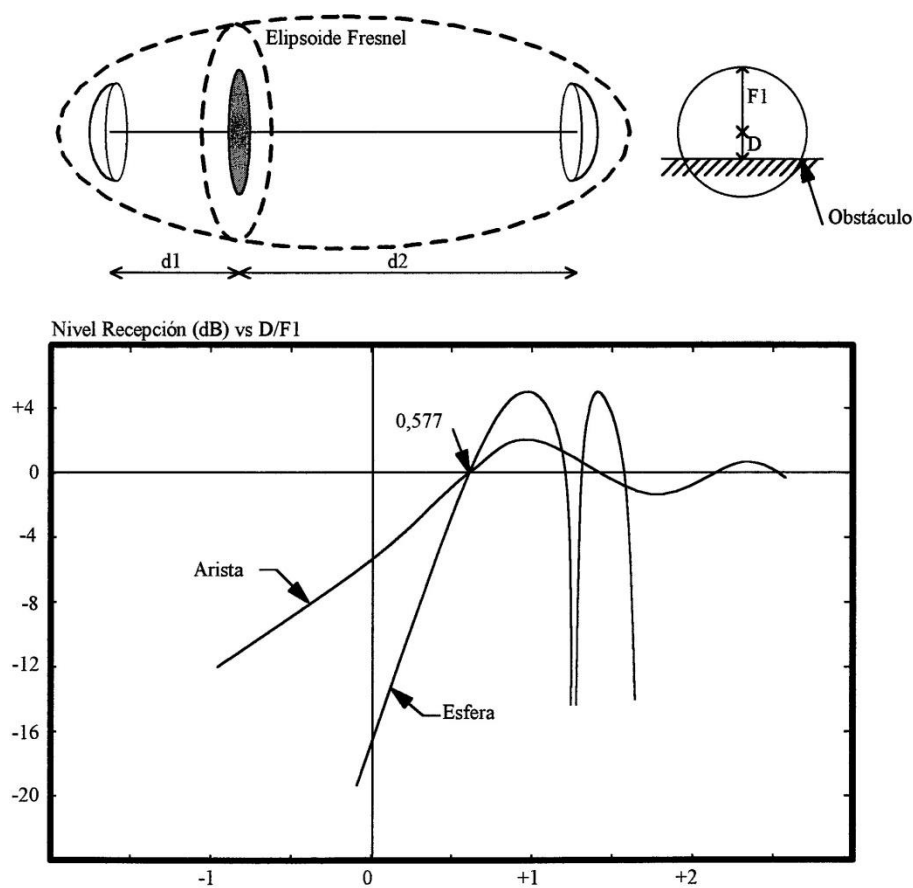
El ITU-R I.136 indica la atenuación promedio que introduce una arboleda como obstáculo cuando se encuentra cerca de la antena hasta una distancia de 400 m:

$$A = 0,2 \cdot f^{0,3} \cdot L^{0,6} \quad \text{Ec. 2.34.}$$

Donde, la frecuencia se expresa en MHz (válida hasta 10 GHz) y la longitud  $L$  de la arboleda en m. El valor real es función de la densidad de la vegetación, la

humedad de las hojas, la presencia de nieve acumulada en el follaje, etc. Cuando la arboleda se encuentra cerca de la antenna la onda se propaga en su interior y sufre una atenuación por absorción. En cambio, si la arboleda se encuentra lejos de la antenna se comporta como un obstáculo del tipo filo de cuchillo (arista) y produce difracción.

**Figura 2.8.** Efecto de la Difracción en la atmósfera.



**H.2.** En la fig. 2.8. se muestra la atenuación introducida por el obstáculo en función de la relación entre el despejamiento y el primer radio de Fresnel  $D/F1$ . Se puede observar también cuando el valor de  $K$  es inferior a  $4/3$  el rayo se curva hacia la tierra y la obstrucción aumenta.

### 2.13. ECUACIÓN DEL ENLACE

Los elementos involucrados en la ecuación del terreno teniendo en cuenta el efecto de protuberancia y de difracción de Fresnel son:

$H_1 = H_a + h_a$  altura del terreno sobre el nivel del mar más la altura de la antena en la estación A.

$H_2 = H_b + h_b$  corresponde a la misma definición en la estación B.

$H_3 = C + H + D$  altura del rayo en el obstáculo constituido por la curvatura del terreno más la altura del obstáculo sobre el nivel del mar más un despejamiento adicional por difracción.

$d_1, d_2$  son las longitudes desde las estaciones A y B hasta el obstáculo.

Se puede, a continuación, plantear una relación de proporcionalidad entre los elementos:

$$(H_3 - H_1) \cdot d_2 = (H_2 - H_3) \cdot d_1 \quad \text{Ec. 2.35.}$$

En general las incógnitas son las alturas de las antenas  $h_a$  y  $h_b$ . El valor de C es calculable en función de K y el valor D depende de la difracción.

### 2.13.1. CRITERIOS DE DESPEJAMIENTO

Como se descubre de los ítems anteriores la curvatura de la Tierra es una función estadística de innumerables variables atmosféricas, climáticas y del terreno. El resultado es que la atenuación producida por el enlace es una variable de la cual se puede conocer el valor medio representado por la atenuación del espacio libre en el mejor de los casos.

Como se dispone de una función estadística de varias variables se han generado los denominados criterios de planificación.

Se trata de reglas generales que se cumplen en la mayoría de los casos y permite resolver el problema de cálculo. Resultan ser de simple aplicación y a partir de dicho punto puede considerarse solo la atenuación del espacio libre.

En ITU-R I.338 se propone un resumen de los criterios de distintos países. Por ejemplo:

- En Francia:

$$D = 0. F_1 \text{ y } C \text{ para el valor } K \text{ en el } 99,9\%$$

$D= 1.F1$  y C para  $K= 4/3$

- En Reino Unido:

$D= 0,6.F1$  y C para  $K= 0,8$

- En Alemania:

$D= 0,3.F1$  y C para  $K= 4/3$

$D= 0.F1$  y C para  $K= 1$

- Los Estados Unidos:

$D= 0,3.F1$  y C para  $K= 0,66$

$D= 1.F1$  y C para  $K= 4/3$

## **2.14. REFLEXIONES EN EL TERRENO**

### **2.14.1. RAYO REFLEJADO**

Sobre un enlace que posee zonas planas la antena receptora puede recibir un rayo reflejado en el terreno. El mismo puede sumarse con distinta fase sobre el rayo directo y producir atenuación o ganancia. Las variables de este modelo son (entre otras): la altura de antenas y el factor K. Otro posible rayo reflejado en la atmósfera genera la teoría de caminos múltiples (desvanecimiento selectivo) que se estudia en otro trabajo.

Se define el coeficiente de reflexión de un terreno que se encuentra entre 0 (sin reflexión; obstáculo en arista) y -1 (el menos simboliza el desfase de  $180^\circ$  por reflexión). Si la superficie del terreno presenta suficientes irregularidades la reflexión es dispersada. Cuanto mayor es la frecuencia del enlace las irregularidades más pequeñas producen dispersión y reducción del coeficiente. La polarización tiene escasa influencia en trayectos sobre tierra. Pero sobre el mar la polarización vertical se comporta mejor que la horizontal. El coeficiente de reflexión disminuye más rápido en la medida que el viento produce el mar crispado.

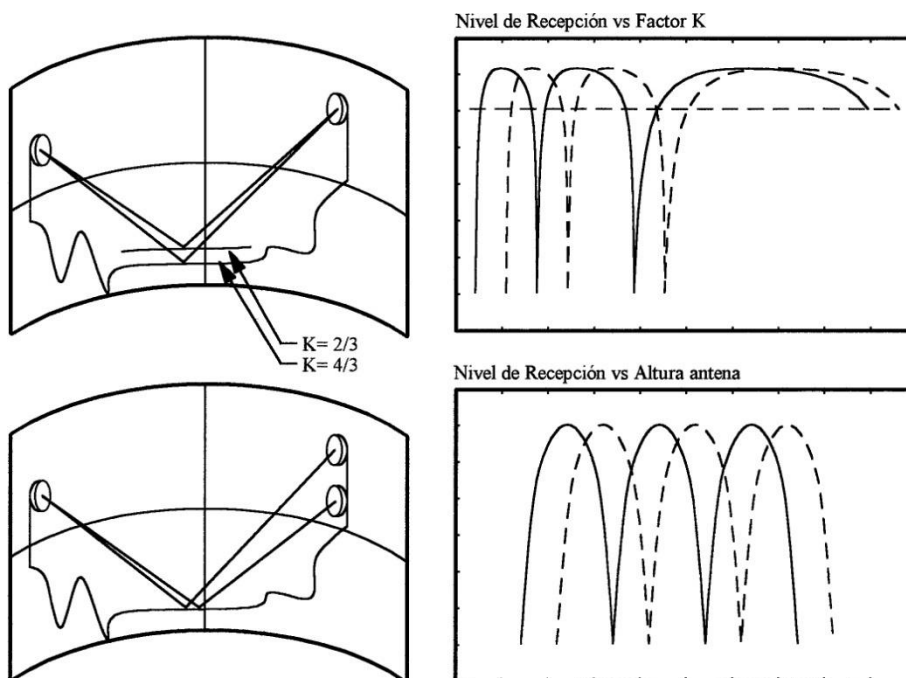


### 2.14.2. EFECTO DEL FACTOR K

En la figura 2.9. se muestra el efecto que sobre la posición del rayo reflejado tienen la modificación del factor K y que sobre la potencia de recepción tiene la altura de antenas. En tanto el valor de K disminuye, el horizonte se levanta (protuberancia de la Tierra) y el lugar de reflexión cambia. También cambia la longitud del camino reflejado y por ello la diferencia de fase entre el rayo directo y reflejado. Esto produce que la potencia de recepción es variable con el factor K.

Cuando se cambia la altura de una antena se produce un efecto similar al anterior. El nivel de potencia de recepción pasa por sucesivos picos y valles en la medida que se eleva la antena. El diagrama de nivel está más apretado sobre la antena más cercana al punto de reflexión y se expande sobre la otra. Se puede obtener una altura de antena donde exista un máximo de nivel, pero solo para un determinado valor de K.

**Figura 2.9.** Efecto de la Reflexión en el terreno.



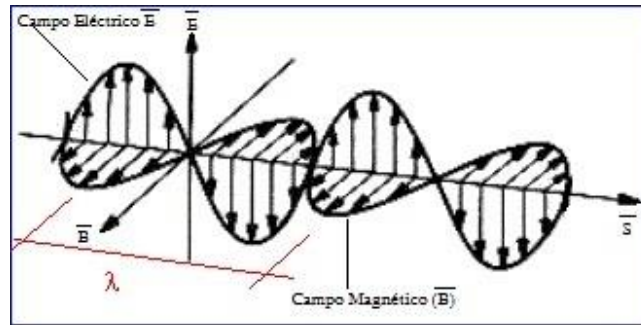
**I.2.** En la fig. 2.9. se muestra el efecto que sobre la posición del rayo reflejado tienen la modificación del factor K y que sobre la potencia de recepción tiene la altura de antenas. En tanto el valor de K disminuye, el horizonte se levanta y el lugar de reflexión cambia.

Es posible generar un diagrama del nivel de recepción en función del valor K. De acuerdo con la geometría del enlace se puede lograr una contribución en fase del rayo reflejado para una amplia gama de valores de K. También es posible, variando la altura de una antena, lograr que el rayo reflejado se encuentre atenuado por una obstrucción. En ITU-R GAS3 se menciona otra forma de reducir el efecto de las reflexiones. Se trata de incrementar el diámetro de antenas de forma que la diferencia de fase se acerque a  $360^\circ$  entre la parte superior e inferior de la parábola de antena. Además se puede orientar la antena hacia arriba para mejorar la discriminación al rayo reflejado.

## **2.15. INTENSIDAD DEL CAMPO ELECTRICO EN FUNCION DE LA POTENCIA IRRADIADA**

Imaginemos una antena perfectamente omnidireccional (llamada radiador isotrópico) en el espacio libre que emite una potencia determinada. Es posible intuir que el campo eléctrico en un punto alejado dependerá de la distancia entre dicho punto y la antena, por un lado, y de la potencia irradiada por otro. Nuestro interés radica en calcularlo, para ello construimos una esfera imaginaria que contendrá a la antena. Puesto que la antena es omnidireccional, la potencia irradiada se distribuirá uniformemente a lo largo de la superficie de tal esfera imaginaria. La rapidez del flujo de energía (potencia) que pasa por una superficie de área unidad (un metro cuadrado en nuestro sistema de unidades), también llamada "*Densidad de potencia*", cuando se trata de un frente de onda electromagnético plano se lo puede conocer mediante un ente matemático denominado "*Vector de Poynting*".

**Figura 2.10.** Producto vectorial del Campo Eléctrico  $\vec{E}$  y Campo Magnético  $\vec{B}$  me da la Densidad de Potencia  $\vec{S}$ .



**J.2.** En la fig.2.10. se muestra el producto vectorial entre el campo eléctrico y magnético que me da como resultado la densidad de potencial o también llamado vector de poynting.

$$\vec{E} : \text{Vector Intensidad de campo eléctrico } \left[ \frac{\text{Volt}}{\text{m}} \right]$$

$$\vec{B} : \text{Vector Inducción magnética } \left[ \frac{\text{Weber}}{\text{m}^2} \right] = [\text{Tesla}]$$

$$\mu_0 : \text{Permeabilidad del vacío } 4 \cdot 10^{-7} \left[ \frac{\text{Henry}}{\text{m}} \right]$$

$$P_0 = \frac{1}{\mu_0} \cdot \vec{E} \times \frac{\vec{E}}{c} \cdot 4 \cdot \pi \cdot r^2 \quad \text{Ec. 2.36.}$$

- Formado por dos componentes perpendiculares; el campo eléctrico E y el campo magnético H, relacionados por la impedancia del medio:

$$H (\text{Amp/m}) = \frac{E (\text{Volt/m})}{120\pi (\text{ohm})} \quad \text{Ec. 2.37.}$$

- La densidad de potencia radiada según la fórmula de Poynting:

$$\Phi (\text{wat/m}^2) = \vec{E} \times \vec{H} = \frac{E^2 (\text{V/m})}{120\pi (\Omega)} \quad \text{Ec. 2.38.}$$

- La intensidad de campo para un radiador isotrópico:

$$E \text{ (v/m)} = \sqrt{120\pi \Phi} = \sqrt{30} \frac{\sqrt{P_T \text{ (w)}}}{d \text{ (m)}} \quad \text{Ec. 2.39.}$$

$$E \text{ (mV/m)} = 173 \frac{\sqrt{P_T \text{ (Kw)}}}{d \text{ (Km)}} \quad \text{Ec. 2.40.}$$

$$E \text{ (dB/}\mu \text{ V/m)} = 74,8 + 10\log P_T \text{ (w)} - 20\log d \text{ (km)} \quad \text{Ec. 2.41.}$$

### 2.15.1. INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO MÍNIMA A PROTEGER

La intensidad de campo eléctrico es el nivel de la señal que se recibe en un punto específico. El valor mínimo de la intensidad de campo necesario para proporcionar una recepción satisfactoria es la intensidad de campo eléctrico mínima a proteger.

De acuerdo a la Norma Técnica vigente, los valores de intensidad de campo protegidos en los bordes de las áreas de cobertura principal y secundaria, tomados para una altura de antena del usuario de 10 metros sobre el suelo, se indican en la Tabla 2.6.

**Tabla 2.6.** Niveles de Intensidad de Campo Eléctrico.

BANDA	BORDE DE ÁREA DE COBERTURA SECUNDARIA	BORDE DE ÁREA DE COBERTURA PRINCIPAL
I	47 dBuV/m	68 dBuV/m
III	56 dBuV/m	71 dBuV/m
IV y V	64 dBuV/m	74 dBuV/m

## **2.15.2.       ÁREA DE COBERTURA**

Comprende el área de cobertura principal y el área de cobertura secundaria, la cual podrá ser ampliada mediante la utilización de las frecuencias que corresponden a la zona geográfica y que estén disponibles.

### **2.15.2.1.     ÁREA DE COBERTURA PRINCIPAL**

Es la que corresponde a la ciudad a servir y que tendrá una intensidad de campo igual o mayor a la intensidad de campo establecida para el borde del área de cobertura principal, definidas en la Tabla 2.6.

### **2.15.2.2.     ÁREA DE COBERTURA SECUNDARIA**

Es la que corresponde a los alrededores de las ciudades a servir y que tendrán una intensidad de campo correspondiente al borde del área de cobertura secundaria, indicadas en la Tabla 2.6. sin rebasar los límites de la correspondiente zona geográfica.

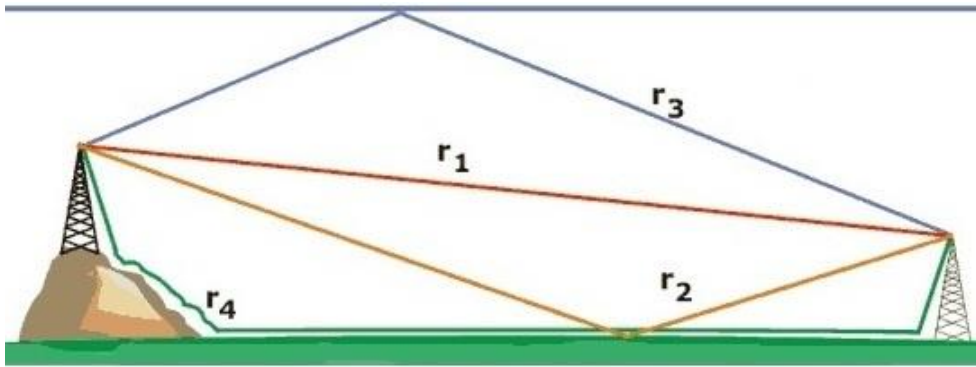
### **2.15.2.3.     ÁREA DE PROTECCIÓN**

La que corresponde al área de cobertura principal y secundaria, pero sin rebasar los límites de la correspondiente zona geográfica.

## **2.16.   RELACIONES GEOMETRICAS IMPORTANTES**

Dadas dos antenas, una trasmisora y otra receptora, ubicadas a cierta distancia, a la receptora le pueden llegar las señales de la trasmisora por varios caminos:

**Figura 2.11.** La Señal Transmisora puede llegar por varios caminos.



**K.2.** En la fig.2.11. se muestra la antena transmisora y otra receptora ubicada a cierta distancia, a la antena receptora la señal transmisora puede llegar por varios caminos.

- La onda directa (rayo r1).
- La onda reflejada en la tierra (rayo r2).
- La onda refractada en la ionosfera (rayo r3).
- La onda de superficie (rayo r4).

(La onda directa y la reflejada en tierra se denominan: "La onda espacial"; la onda espacial + la onda de superficie se denominan colectivamente: "La onda terrestre").

- La onda refractada en la ionosfera, pues tal mecanismo no es frecuente debido a que el índice de refracción de la misma es insuficiente para devolver la señal a la tierra.
- La onda de superficie pues las pérdidas en la tierra son muy elevadas a tales frecuencias y la señal es absorbida muy rápidamente.

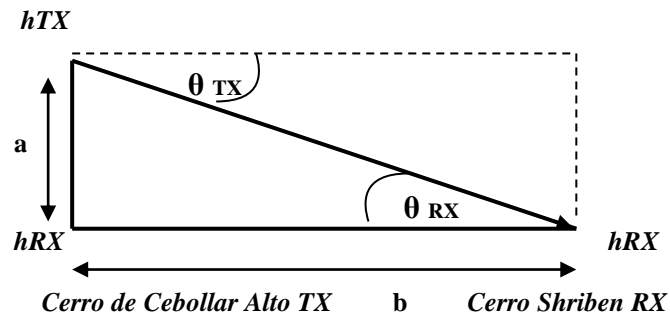
## 2.17            **ÁNGULO DE ELEVACIÓN Y ANGULO DE AZIMUT**

### 2.17.1.        **ÁNGULO DE ELEVACIÓN**

Por definición es el ángulo formado entre la línea de viaje entre la onda radiada desde la antena y el plano horizontal.

Aplicando la trigonometría se calcula el ángulo de elevación, teniendo como datos la altura de los dos sitios y la distancia entre ellos.

**Figura 2.12.** Angulo de elevación de la antena Tx y Rx (Cebollar Alto – Shirben)



**M.2.** En la fig. 2.12. se muestran los parámetros para calcular el ángulo de elevación.

$$\text{Tan } \theta_{TX} = (a/b)$$

$$\theta_{TX} = \arctan (a/b)$$

$$a = h_{TX} - h_{RX} = 3826\text{m} - 3562\text{m} = 264\text{m}$$

$$b = 21.061\text{Km}$$

$$\theta_{TX} = \arctan (264\text{m} / 21061\text{m})$$

$$\theta_{TX} = 0,71^\circ$$

$\theta_{TX}$  y  $\theta_{RX}$  son ángulos adyacentes ( $\theta_{TX} = \theta_{RX}$ ) entonces:

$$\theta_{RX} = 0,71^\circ$$

### 2.17.2.            **ÁNGULO DE AZIMUT**

Es el ángulo que toma como referencia el Norte como cero grados, y girando en el sentido de las agujas del reloj, hacia el Este, llegaremos a los  $90^0$  de Azimut.

Hacia el Sur tendremos los  $180^{\circ}$  de Azimut, hacia el Oeste los  $270^{\circ}$  y por ultimo llegar al punto inicial donde los  $360^{\circ}$  coinciden con los  $0^{\circ}$  del Norte. Es el ángulo de apuntamiento horizontal de una antena.

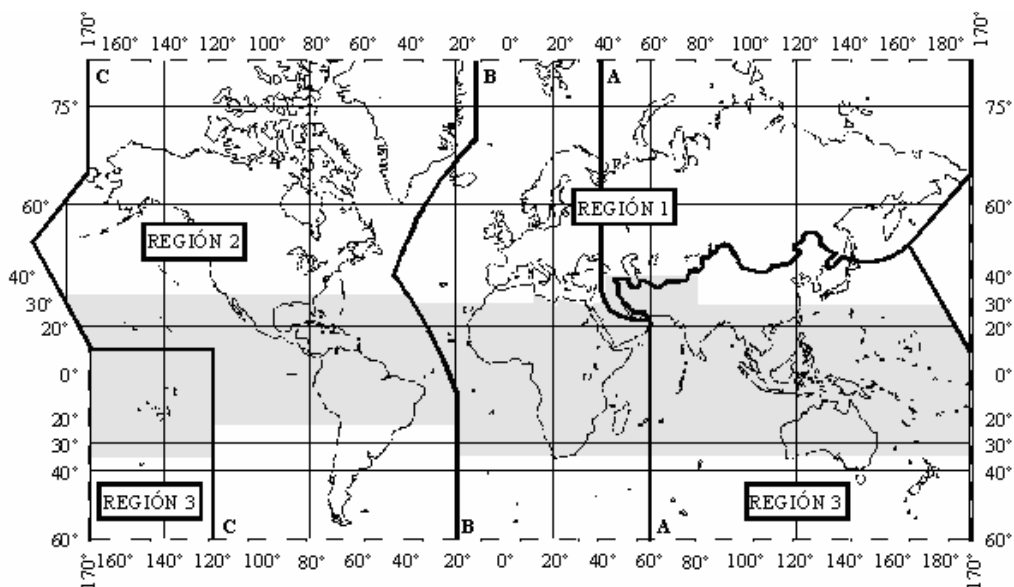
Para poder calcular el ángulo de azimut se utilizó el programa Radio Mobile 9.4.0.6, se colocan las coordenadas de longitud y latitud (coordenadas geográficas) de cada uno de los sectores de estudio.

El ángulo de azimut nos indica la dirección en la cual debemos apuntar tanto la antena transmisora como la antena receptora.

## 2.18. ANÁLISIS DE LA NORMA TÉCNICA Y PLAN DE DISTRIBUCIÓN DE CANALES

De acuerdo con el Reglamento de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT, desde el punto de vista de la atribución de las bandas de frecuencias, el mundo se ha dividido en tres regiones, encontrándose el Ecuador en la Región 2, dentro de la Zona Tropical que se extiende entre los trópicos de Cáncer y Capricornio (que se ubican entre las líneas B y C), como se observa en la figura 2.13.

**Figura 2.13.** Regiones para la atribución de bandas de frecuencias, la parte sombreada representa la Zona Tropical.





### 2.18.1. BANDA DE FRECUENCIAS SEGÚN LA UIT

**Tabla 2.7.** Gamas de frecuencias.

Designación	Gamas de frecuencias (MHz)		
	Región 1	Región 2	Región 3
I	47 – 68	54 - 68	47 – 68
II	87,5 - 108	88- 108	87 - 108
III	174 - 230	174 - 216	174 - 230
IV	470 -582	470 -582	470 -582
V	582 - 960	582 - 890	582 - 960

Son frecuencias utilizadas para la radiodifusión sonora con modulación de frecuencia y para la televisión se designan mediante números romanos del I al V.

### 2.18.2. CATEGORÍA DE LOS SERVICIOS

La UIT atribuye una banda de frecuencias a varios servicios, ya sea en todo el mundo o en una Región. En el Ecuador, el Plan Nacional de Frecuencias<sup>1</sup> y el Plan Nacional de Distribución de Frecuencias<sup>2</sup> consideran las siguientes categorías de servicios:

- Servicios Primarios
- Servicios Secundarios

#### 2.18.2.1. SERVICIO PRIMARIO

Servicio principal al cual está atribuida una banda de frecuencias. Éste servicio tendrá prioridad sobre los demás servicios a los que está atribuida la banda, será el que se proteja contra interferencias causadas por cualquiera de los otros servicios.

<sup>1</sup> Referencia: Plan Nacional de Frecuencias publicado por el CONATEL en Registro Oficial No. 192 de 26 de octubre de 2000.

<sup>2</sup> Referencia: Plan Nacional de Distribución de Frecuencias para Radiodifusión y Televisión, publicado en el Suplemento del Registro Oficial No. 151 del 23 de noviembre del 2005.

### **2.18.2.2. SERVICIO SECUNDARIO**

Servicio de segundo orden al cual está atribuido una banda de frecuencias, las estaciones de los servicios secundarios no deben causar interferencias perjudiciales a las estaciones de un servicio primario, así como tampoco pueden reclamar protección contra interferencias perjudiciales causadas por estaciones de un servicio primario; sin embargo, tienen derecho a la protección contra interferencias perjudiciales causadas por estaciones del mismo servicio o de otros servicios secundarios a las que se les asignen frecuencias ulteriormente.

### **2.18.3. NORMA TÉCNICA PARA EL SERVICIO DE TELEVISIÓN ANALÓGICA Y PLAN DE DISTRIBUCIÓN DE CANALES<sup>3</sup>**

La Norma Técnica para el servicio de Televisión Analógica y Plan de Distribución de Canales, publicada en el Suplemento del Registro Oficial No. 335 de 29 de mayo de 2001, contempla varios aspectos técnicos que reglamentan la asignación de canales de televisión abierta en las bandas VHF y UHF en el ámbito nacional, aspectos que se los analiza a continuación.

#### **2.18.3.1. BANDAS DE FRECUENCIAS**

En el Ecuador, las bandas de frecuencias destinadas para el servicio de televisión abierta son:

##### **a) Televisión VHF**

Banda I:	54 - 72 MHz	Canales 2, 3 y 4
	76 - 88 MHz	Canales 5 y 6
Banda III:	174 - 216 MHz	Canales del 7 al 13

---

<sup>3</sup> Referencia: Norma Técnica para el Servicio de Televisión Analógica y Plan de Distribución de Canales, publicada en el Suplemento del Registro Oficial No. 335 de 29 de mayo de 2001.

**b) Televisión UHF**

Banda IV: 500 - 608 MHz Canales del 21 al 36

614 - 644 MHz Canales del 38 al 42

Banda V: 644 - 686 MHz Canales del 43 al 49

**2.18.3.2. CANALIZACIÓN DE LAS BANDAS**

Las bandas de frecuencias atribuidas a televisión abierta se dividen en 42 canales de 6 MHz de ancho de banda cada uno, como se observa en la Tabla 2.8.

**Tabla 2.8.** Canalización de las bandas atribuidas para el servicio de TV.

RANGO DE FRECUENCIAS [MHz]	BANDA	No.	CANAL [MHz]	PORTADORAS	
				Vídeo [MHz]	Sonido [MHz]
VHF 54 - 72	I	2	(54-60)	55.25	59.75
		3	(60-66)	61.25	65.75
		4	(66-72)	67.25	71.75
VHF 76 - 88	I	5	(76-82)	77.25	81.75
		6	(82-88)	83.25	87.75
VHF 174 - 216	III	7	(174-180)	175.25	179.75
		8	(180-186)	181.25	185.75
		9	(186-192)	187.25	191.75
RANGO DE FRECUENCIAS [MHz]	BANDA	No.	CANAL [MHz]	PORTADORAS	
VHF 174 - 216	III	10	(192-198)	193.25	197.75
		11	(198-204)	199.25	203.75
		12	(204-210)	205.25	209.75
		13	(210-216)	211.25	215.75
UHF 500 - 608	IV	19	(500-506)	501.25	505.75
		20	(506-512)	507.25	511.75
		21	(512-518)	513.25	517.75
		22	(518-524)	519.25	523.75
		23	(524-530)	525.25	529.75
		24	(530-536)	531.25	535.75
		25	(536-542)	537.25	541.75
26	(542-548)	543.25	547.75		

		27	(548-554)	549.25	553.75
		28	(554-560)	555.25	559.75
		29	(560-566)	561.25	565.75
		30	(566-572)	567.25	571.75
		31	(572-578)	573.25	577.75
		32	(578-584)	579.25	583.75
		33	(584-590)	585.25	589.75
		34	(590-596)	591.25	595.75
		35	(596-602)	597.25	601.75
		36	(602-608)	603.25	607.75
UHF 614 - 644	IV	38	(614-620)	615.25	619.75
		39	(620-626)	621.25	625.75
		40	(626-632)	627.25	631.75
		41	(632-638)	633.25	637.75
		42	(638-644)	639.25	643.75
UHF 644-686	V	43	(644-650)	645.25	649.75
		44	(650-656)	651.25	655.75
		45	(656-662)	657.25	661.75
		46	(662-668)	663.25	667.75
		47	(668-674)	669.25	673.75
RANGO DE FRECUENCIAS [MHz]	BANDA	No.	CANAL [MHz]	PORTADORAS	
UHF 644-686	V	48	(674-680)	675.25	679.75
		49	(680-686)	681.25	687.75

Las frecuencias para su distribución y asignación en el ámbito nacional han sido divididos en cuatro grupos VHF (A1, A2, B1 y B2), y cuatro grupos UHF (G1, G2, G3 y G4), como se indica en la Tabla 2.9.

**Tabla 2.9.** Grupos y Canales de VHF y UHF.

GRUPOS	CANALES	BANDA
A1	2 4 5	VHF
A2	3 6	
B1	8 10 12	
B2	7 9 11 13	
G1	19 21 23 25 27 29 31 33 35	UHF
G2	20 22 24 26 28 30 32 34 36	
G3	39 41 43 45 47 49	
G4	38 40 42 44 46 48	

En la Tabla 2.8. no se incluye la banda de 470-512 MHz, la que se encuentra atribuida en el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT, puesto que en nuestro país está destinada para los servicios primarios FIJO y MÓVIL, en los que

operan sistemas fijo y móvil, sistemas comunales de explotación y sistemas buscapersonas unidireccionales, conforme lo establecido en el Plan Nacional de Frecuencias expedido por el CONATEL. Adicionalmente, a pesar de que en la Tabla 2.8. se incluyen los canales 19 (500- 506 MHz) y 20 (506-512 MHz), estos no pueden ser utilizados puesto que en dichos rangos existen gran cantidad de usuarios de los sistemas fijo y móvil autorizados por el CONATEL.

#### **2.18.4. ZONAS GEOGRÁFICAS**

Para efectos de la asignación de canales, el territorio ecuatoriano se divide en zonas geográficas, a las que les corresponden determinados grupos de canales, como se describe en la Tabla 2.10.

Para la división del país en zonas geográficas se consideraron algunos aspectos técnicos, entre los que se tienen los siguientes:

- Que la zona geográfica, en lo posible, represente el área de cobertura real de las emisiones que tienen las estaciones de televisión, cumpliendo con los niveles de intensidad de campo eléctrico establecido en la misma Norma.
- La topografía del terreno, es decir, el grado de irregularidad, la vegetación existente en la zona, etc.
- Las características de propagación de las señales de televisión en VHF y UHF, fundamentalmente, la existencia de línea de vista entre los puntos de transmisión y recepción, la potencia de transmisión y la altura de los sitios donde se encuentran ubicados los sistemas de transmisión.
- Optimizar el uso del espectro radioeléctrico asignado para el servicio de televisión abierta.

**Tabla 2.10.** Zonas Geográficas para televisión abierta VHF y UHF

ZONA	Definición de la ZONA GEOGRÁFICA	Grupos VHF	Grupos UHF
A	Provincia de Azuay excepto zona norte (cantones de Sigsig, Chordeleg, Gualaceo, Paute, Guachapala, El Pan y Sevilla de Oro)	A1, B2	G1, G4
ZONA	Definición de la ZONA GEOGRÁFICA	Grupos VHF	Grupos UHF
B	Provincia de Bolívar y Chimborazo, excepto la zona occidental de la cordillera Occidental	A1, B2	G1, G4
C	Provincia de Carchi	A1, B2	G1, G4
D	Provincia de Orellana y Sucumbios	A1, B2	G1, G4
E	Provincia de Esmeraldas, excepto Rosa Zárate y Muisne	A1, B2	G1, G3
G1	Provincia del Guayas, subzona 1: excepto Península de Santa Elena, Gral Villamil, El Empalme, Palestina y Balao, se incluye La Troncal, Suscal y zona occidental de la Cordillera Occidental de provincias de Cañar y Azuay	A1, B1	G2, G4
G2	Provincia del Guayas, subzona 2: Península de Santa Elena y Gral. Villamil	A1, B2	G1, G3
J	Provincia de Imbabura	A2, B2	G2, G3
L1	Provincia de Loja, excepto cantones de Loja, Catamayo, Saraguro, Amaluza y zona occidental de la Cordillera Occidental	A2, B1	G2, G3
L2	Provincia de Loja: cantones Loja, Catamayo y Saraguro	A1, B2	G2, G3
M1	Provincia de Manabí, zona norte (desde Ricaurte al norte), excepto El Carmen y Flavio Alfaro; se incluye Muisne	A2, B1	G2, G4
M2	Provincia de Manabí, zona sur, desde San Vicente al sur, excepto Pichincha	A1, B2	G2, G3
N	Provincia de Napo	A1, B2	G2, G4
Ñ	Provincia del Cañar, excepto zona occidental, Cordillera Occidental (Suscal, La Troncal) e incluye zona norte provincia de Azuay	A2, B1	G2, G3
O	Provincia de El Oro y zona occidental de la Cordillera Occidental de la provincia de Loja	A2, B2	G1, G3
P1	Provincia de Pichincha, excepto zona occidental de la Cordillera Occidental (Sto. Domingo y Los Bancos, P. V. Maldonado)	A1, B1	G1, G4
P2	Provincia de Pichincha, zona de Sto. Domingo, incluye El Carmen, Rosa Zárate, Flavio Alfaro, P. V. Maldonado y Los Bancos	A2, B2	G1, G3
R1	Provincia de Los Ríos, excepto Quevedo, Buena Fe, Mocache y Valencia e incluye Balzar, Colimes, Palestina y zona occidental, Cordillera Occidental	A1, B2	G2, G4
R2	Provincia de Los Ríos, Quevedo, Buena Fe, Mocahe, Valencia, La Maná, El Corazón y zona occidental de la Cordillera Occidental de la provincia de Cotopaxi	A2, B2	G1, G3
S1	Provincia de Morona Santiago, cantón Gral. Plaza al sur	A2, B2	G2, G4
S2	Provincia de Morona Santiago, cantón Gral. Plaza al sur	A1, B2	G2, G4

**FUENTE:** Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPERTEL). Norma Técnica y Plan de Distribución de Canales para el Servicio de Radiodifusión de Televisión, publicada en el Registro Oficial N° 335 del 29 de mayo del 2001.

**Figura 2.14.** División en Zonas Geográficas del Ecuador.



**N.2.** En la fig.2.14. se presenta el gráfico del mapa físico del Ecuador dividido en zonas geográficas, de acuerdo con la definición contenida en la Tabla 2.10.

### 2.18.5. RELACIONES DE PROTECCIÓN SEÑAL DESEADA/SEÑAL NO DESEADA

La relación entre la señal deseada y la señal no deseada (interferencia) a la entrada del receptor, permite obtener una calidad de recepción específica de la señal deseada a la salida del receptor; es decir, la calidad de la imagen y del audio en el televisor.

En la Norma Técnica vigente, las relaciones de protección en las bandas I, III, IV y V se refieren en todos los casos a las señales de entrada al receptor.

Los valores que se indican a continuación están de acuerdo a lo establecido en la recomendación UIT-R BT.655-6, la que define las relaciones de protección.

a) **Relación de protección para la señal de video:** En la tabla 2.8. se puede observar que la portadora de video (imagen) se encuentra ubicada a 1.25 MHz del límite inferior del rango de frecuencias correspondiente a cada canal. De acuerdo con la Norma Técnica vigente, estos valores se refieren a dos señales de televisión y se aplican únicamente a la interferencia producida por la portadora de imagen modulada de la señal interferente; sin embargo, la interferencia es la ocasionada a la portadora de imagen modulada de la señal deseada.

a.1) **Interferencia Cocanal:** Se produce cuando la separación de frecuencia entre la señal deseada e interferente es pequeña, por lo tanto la señal deseada y la interferente están dentro del mismo ancho de banda del canal.

La frecuencia de línea es la frecuencia de barrido del canal analógico, en el sistema NTSC es de 15750 kHz. Esto quiere decir que para servir un área determinada, la señal de imagen del canal autorizado deberá estar 45 dB (15 veces) ó 28 dB (casi 9 veces), dependiendo del caso, por encima de la señal interferente.



**Tabla 2.11.** Relación Señal Deseada – Señal Interferente.

Separación entre portadoras	Relación señal deseada/señal interferente
Inferior a 1000 Hz	45 Db
1/3, 2/3, 4/3, ó 5/3 de la frecuencia de línea	28 Db

a.2) **Interferencia de Canales Adyacentes:** La interferencia más desfavorable en la señal de imagen deseada es la producida por la señal de sonido de canal adyacente inferior. Se presenta debido a la presencia de una señal interferente proveniente del canal adyacente, de las emisiones no esenciales del transmisor, o de las espurias de otros sistemas de radiocomunicaciones.

b) **Relación de protección para la señal de sonido:** En la tabla 2.8. se puede observar que la portadora de audio (sonido) se encuentra ubicada a 0.25 MHz del límite superior del rango de frecuencias correspondiente a cada canal. Relación señal deseada / señal interferente 28 dB.

En el caso de la señal de audio, significa que el nivel de la señal de audio del canal autorizado para servir un área determinada, debe estar 28 dB por encima de las señales interferentes. Dentro de la zona geográfica y área de cobertura se protegerá la señal deseada contra señales no deseadas en los valores que se indican en los numerales a) y b).

#### 2.18.5.1. SISTEMA DE TRANSMISIÓN

Para el servicio de televisión, se establece el sistema M/NTSC de 525 líneas, con las características técnicas que establece la UIT y complementariamente la FCC<sup>4</sup>, en todo el territorio ecuatoriano.

<sup>4</sup> Referencia: FCC, Federal Commission Communication, Comisión Federal de Comunicaciones de los Estados Unidos.

### **2.18.6. UBICACIÓN DE LAS ANTENAS TRANSMISORAS**

Debido al elevado nivel de potencia con que trabajan los sistemas de transmisión de las estaciones de televisión, que ocasionan inducción e interferencias a otros sistemas de radiocomunicaciones (que son más sensibles), en general los sistemas de transmisión deben ubicarse fuera del perímetro urbano de las ciudades.

Adicionalmente, las torres donde se instalan las antenas deben cumplir con las regulaciones de la Dirección de Aviación Civil en lo referente a ubicación y balizas (luces de señalización); y en lo referente a la altura, en las áreas que están bajo las líneas de vuelo y aproximación a aeropuertos.

### **2.18.7. FRECUENCIAS AUXILIARES**

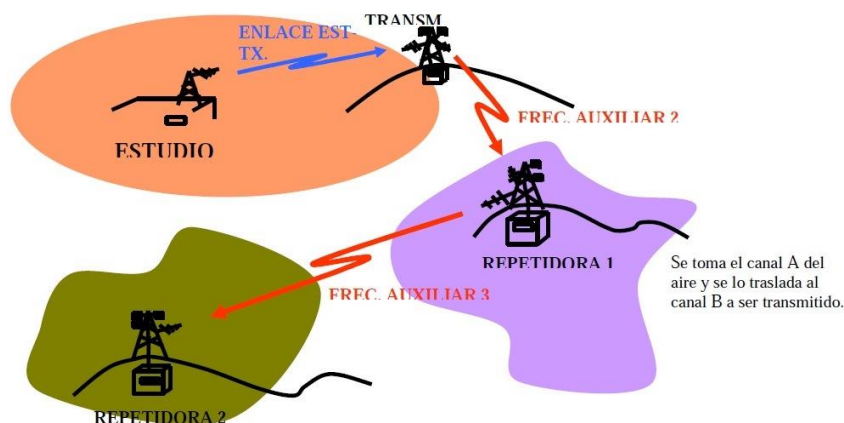
Frecuencias auxiliares son aquellas utilizadas para enlazar el estudio principal de una estación de televisión con el sitio donde se encuentra ubicado el sistema de transmisión (enlace estudio-transmisor), el estudio o el sistema de transmisión de la estación matriz con los sitios donde se encuentran instalados los sistemas de transmisión de sus repetidoras, entre los sitios donde se encuentran instalados los sistemas de transmisión de las repetidoras, y otras que se requieran para el servicio de televisión.

En la figura 2.15. se muestra la forma de enlazar una matriz y dos repetidoras de un sistema de televisión, a través de frecuencias auxiliares.

Otra manera de llevar la señal de la estación matriz hacia sus repetidoras es utilizando traslación de señal, esto es que la señal de televisión emitida desde un transmisor es recibida en otro sitio, demodulada y trasladada a otro canal para la recepción del público en general, figura 2.15; esto ocasiona que el canal utilizado para trasladar la señal no pueda ser concesionado a otro operador, lo que genera un uso inadecuado del espectro, razón por la cual la disposición transitoria constante en el numeral 20 de la Norma Técnica vigente, establece que las estaciones de televisión que utilicen canales de televisión como enlaces, tendrán

plazos específicos, que corren a partir de la expedición de la misma Norma, para operar con enlaces de microondas en las bandas asignadas para el efecto.

**Figura 2.15.** Forma de enlazar una matriz y dos repetidoras.



**O.2.** En la fig.2.15. se muestra la forma de enlazar una matriz y dos repetidoras, a través de un canal de televisión (traslación de señal) y una frecuencia auxiliar.

En el Plan Nacional de Frecuencias, publicado en Registro Oficial No. 192 de 26 de octubre de 2000, no se atribuyó ninguna banda de frecuencias para enlaces de televisión, por lo que ante las necesidades de las estaciones de televisión, el CONATEL con Resolución 501-25-CONATEL-2002 del 19 de septiembre del 2002, modificó las Notas EQA, atribuyendo bandas de frecuencias para enlaces de televisión.

En virtud de que las bandas destinadas para enlaces de televisión no eran suficientes para atender las peticiones de concesión, ampliación, asociaciones y cadenas, se conformaron comisiones para analizar la problemática del Plan Nacional de Frecuencias y la falta de espectro para enlaces de radiodifusión y televisión, sin que se llegue a concretar una solución definitiva, razón por la cual, mediante Resolución 571-20-CONATEL-2004 de 15 de septiembre de 2004, el CONATEL resuelve compartir las bandas atribuidas a los servicios fijo y móvil con los enlaces de radiodifusión y televisión.

El Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión CONARTEL, en conformidad con lo establecido en la Ley Reformatoria a la Ley de Radiodifusión y Televisión<sup>5</sup>, aprobó y publicó en el Suplemento del Registro Oficial No. 151 de 23 de noviembre de 2005, el Plan Nacional de Distribución de Frecuencias para Radiodifusión y Televisión, en el que se contemplan bandas compartidas con los servicios de telecomunicaciones, en las que ya no se realizaran asignaciones de frecuencias por parte del CONARTEL y bandas exclusivas para enlaces de radiodifusión y televisión.

Mediante Resolución No. 038-02-CONATEL-2007 de 10 de enero de 2007, publicada en Registro Oficial No. 17 de 7 de febrero de 2007, el Consejo Nacional de Telecomunicaciones, resolvió entre otros aspectos, declarar la inaplicabilidad del Plan Nacional de Distribución de Frecuencias de Radiodifusión y Televisión, en aquel contenido que no se ajuste al Plan Nacional de Frecuencias, y conceder al CONARTEL un plazo de 30 días para que rectifique el denominado Plan Nacional de Distribución de Frecuencias de Radiodifusión y Televisión ajustándose al Plan Nacional de Frecuencias emitido por el CONATEL y particularmente en los términos del informe de la Comisión Técnica CONATELCONARTEL emitido con oficio No. AEOMJZ-2004-01 de 13 de octubre de 2004.

#### **2.18.8. PLAN DE DISTRIBUCIÓN DE CANALES<sup>6</sup>**

La definición de las zonas geográficas y la distribución de grupos de canales para cada zona geográfica, se indica en la Tabla 2.10.

En la figura 2.16 y 2.17. se presentan los gráficos del mapa del Ecuador dividido en zonas geográficas, con los grupos de canales VHF y UHF.

---

<sup>5</sup> Referencia: Ley Reformatoria a la Ley de Radiodifusión y Televisión, publicada en Registro Oficial No. 691 de 9 de mayo de 1995.

<sup>6</sup> Referencia: Norma Técnica para el Servicio de Televisión Analógica y Plan de Distribución de Canales, publicada en Registro Oficial No. 335 del 29 de mayo del 2001

Figura 2.16. Distribución de canales VHF por zonas geográficas<sup>7</sup>



<sup>7</sup> Referencia: Norma Técnica para el Servicio de Televisión Analógica y Plan de Distribución de Canales para VHF, publicada en Registro Oficial No. 335 del 29 de mayo del 2001.

**Figura 2.17.** Distribución de canales UHF por zonas geográficas<sup>8</sup>



### 2.18.9. RESERVA DE CANALES

En la Norma Técnica vigente, los canales 19 y 20 se reservan para el Estado para facilitar el proceso de migración a la Televisión Digital.

Con Resolución No. 1838-CONARTEL-01 de 21 de junio de 2001, el CONARTEL resolvió reservar los canales 48 y 49 para el Estado.

<sup>8</sup> Referencia: Norma Técnica para el Servicio de Televisión Analógica y Plan de Distribución de Canales para UHF, publicada en Registro Oficial No. 335 del 29 de mayo del 2001

Sin embargo, se debe considerar que actualmente en el Plan Nacional de Frecuencias la banda de 500-512 MHz (canales 19 y 20) está atribuida en el Ecuador, a título primario, al servicio FIJO y MÓVIL y en el Plan Nacional de Distribución de Frecuencias para Radiodifusión y Televisión se establece que los usuarios de los sistemas fijo y móvil que se encuentran en este rango, deberán migrar en un plazo de 5 años, contado a partir de la publicación en el Registro Oficial del mencionado Plan de Distribución.

El Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión, mediante Resoluciones No. 3501-CONARTEL-06 y No. 3502-CONARTEL-06 de 9 de junio de 2006, conformó un “GRUPO TÉCNICO DE TELEVISIÓN DIGITAL”, integrado por representantes de los Gremios, Comando Conjunto de FF.AA. y organismos Técnicos involucrados en el tema, que se encargará de presentar al Consejo las recomendaciones y coordinar las acciones que se adopten dentro del proceso de introducción de la tecnología de televisión digital en el Ecuador.

#### **2.18.10. ASIGNACIÓN DE CANALES EN LAS ZONAS FRONTERIZAS**

La asignación de canales de televisión en las zonas fronterizas se regirá por la Norma Técnica vigente, y por los convenios bilaterales suscritos por el Ecuador sobre esta materia, así, con la República de Colombia, el 20 de diciembre del 2006 se suscribió el Convenio para la Asignación y uso de Frecuencias Radioeléctricas para la operación de Estaciones de Radiodifusión Sonora y de Televisión Abierta VHF y UHF en el Área de Frontera, en el que se establece que al Ecuador le corresponde los siguientes canales:

**Tabla 2.12.** Canales en la zona de Frontera.

<b>BANDA</b>	<b>CANALES</b>
VHF	2 4 6 8 10 12
UHF	21 23 25 27 29 31 33 35 39 41 43 45 47 49

Para el análisis de la asignación de canales en las zonas fronterizas Ecuador- Perú se ha conformado una comisión técnica binacional entre los dos países, que se encuentra revisando la información sobre ocupación de canales, niveles de potencia, ubicación de sistemas de transmisión, etc., con la finalidad de elaborar y suscribir el respectivo convenio.

## **2.19. ORGANOS DE ADMINISTRACIÓN Y REGULACIÓN DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO DEL ESTADO ECUATORIANO**

### **2.19.1. CONATEL (Consejo Nacional de telecomunicaciones)**

Administrar de manera técnica el espectro radioeléctrico que es un recurso natural, para que todos los operadores del sector de las telecomunicaciones operen en condiciones de máxima eficiencia.

Dicta las normas que corresponden para impedir las prácticas que impidan la leal competencia, y determinar las obligaciones que los operadores deban cumplir en el marco que determinan la Ley y reglamentos respectivos.

Defiende los derechos de los ciudadanos en todo momento para que satisfagan su necesidad de comunicarse.

### **2.19.2. SENATEL (Secretaría Nacional de telecomunicaciones)**

Promover el desarrollo armónico del sector de las telecomunicaciones, radio, televisión y las TIC, mediante la administración y regulación eficiente del espectro radioeléctrico y los servicios, así como ejecutará las políticas y decisiones dictadas por el CONATEL, con el fin de contribuir con el desarrollo de la sociedad. (Plan estratégico 2010-2014).

Resolución SNT-2006-008 del 19 de enero del 2006



### **2.19.3. SUPERTEL (Superintendencia de telecomunicaciones)**

Es el Organismo Técnico de Control referente del Ecuador, que actúa con transparencia, solvencia, excelencia y compromiso social, impulsa la innovación tecnológica del sector, fomenta el acceso universal, la calidad y continuidad de los servicios de telecomunicaciones para beneficio de los ciudadanos y desarrollo del país.

La función es la de vigilar, auditar, intervenir y controlar técnicamente la presentación de los servicios de telecomunicaciones, radiodifusión, televisión y uso del espectro radioeléctrico, para que se proporcionen con eficiencia, responsabilidad, continuidad, calidad, transparencia y equidad; fomentando los derechos de los usuarios a través de la participación ciudadana, de conformidad al ordenamiento jurídico e interés general.

#### **2.19.3.1. Infracciones y sanciones**

El Art. 4 de la Ley Reformativa de la Ley de Radiodifusión y Televisión, Registro Oficial No. 691 / 9 de mayo de 1995, establece que las infracciones en que pueden incurrir los concesionarios y/o las estaciones de radiodifusión y televisión, se clasifican en delitos y faltas técnicas o administrativas. Las mismas que están determinadas en el Reglamento; y el Art. 32, establece que la Superintendencia de Telecomunicaciones podrá imponer a las estaciones, por infracciones de carácter técnico o administrativo previstas en esta Ley o en el Reglamento, las siguientes sanciones:

1. Amonestación escrita;
2. Multa de hasta diez salarios mínimos vitales;
3. Suspensión del funcionamiento, por reincidencia de una misma falta de carácter técnico o administrativo, o por mora en el pago de las tarifas o derechos de la concesión, mientras subsista el problema.

INFRACCIONES El Art. 80 del Reglamento General a la Ley de Radiodifusión y Televisión, Registro Oficial N° 867 de 17 de enero de 1996, define las infracciones en las que incurran los concesionarios de las estaciones de radiodifusión y televisión, se clasifican en infracciones de carácter técnico y administrativo.

SANCIONES El Art. 81 del Reglamento General a la Ley de Radiodifusión y Televisión, indica que las sanciones se aplicarán de acuerdo a la clase de infracción cometida, conforme se indica a continuación:

**Tabla 2.13.** Clases de Infracciones

Infracción:	Sanción:
Clase I	Amonestación por escrito.
Clase II	Sanción económica de hasta 50% del máximo de la multa.
Clase III	Sanción económica del 100 % del máximo de la multa.
Clase IV	Suspensión de emisiones hasta 90 días.
Clase V	Cancelación de la concesión

## **CAPITULO III**

### **3.0. METODOLOGÍA**

El método de investigación que se va utiliza en el estudio es de tipo deductivo, el cual sigue un proceso sintético analítico, ya que se presentan principios, definiciones, conceptos, teoremas, leyes y normas generales de las cuales se establecen conclusiones o consecuencias válidas desde el punto de vista formal; de igual forma se utiliza el método de observación, en especial para el diseño de enlaces.

Las técnicas e instrumentos para la recolección de datos a utilizarse en el proyecto son: la observación, el programa Radio Mobile 9.4.0.6, GPS y Google Earth, que servirán para el estudio del diseño y para obtener información en cuanto a la determinación de los radio enlaces; la encuesta que estará destinada a obtener datos que servirán para la determinar la demanda de la población.

### **3.1. TIPO DE ESTUDIO**

El tipo de estudio a realizarse en el diseño del radio enlace será cuasiexperimental, mientras que el tipo de investigación será descriptivo, explicativo y evaluativo.

Dicho estudio se realizó tanto en la ciudad de Guamote como Alausí, la encuesta se la ejecutó en el mes de enero del año en curso; en cuanto se refiere a la ubicación exacta de las cerros en estudio, se realizó con la ayuda del GPS para la toma de medidas de la altura y coordenadas geográficas, dichas mediciones se las realizaron en los meses de febrero del año en curso.

### 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

Dicha investigación va dirigida a los sectores más vulnerables y carentes de recursos, ya que ellos van a ser los beneficiados de este estudio en el caso de Guamate; mientras que en el caso de Alausí no solo va dirigida a los sectores más pobres sino también al sector comercial y turístico.

Para la definición del objetivo del muestreo en primer lugar se procedió a la proyección de la población en las ciudades de Guamate y Alausí para ello se utilizó la fórmula del método aritmético (Ec. 3.1.).

Cálculo de la Proyección de la Población:

$$N_t = N_0 ( 1 + r \cdot t ) \quad \text{Ec. 3.1.}$$

$N_t$  = Demanda proyectada a n años

$N_0$  = Demanda en el año 0

r = Factor de crecimiento

t = Tiempos en años de proyección

Reemplazando los datos (Guamate):

$N_t$  = Demanda proyectada a 8 años (desde el 2011 - 2019)

$N_0$  = 20786 (año 2011)

r = 2.1 % (anual)

t = 8

$$N_8 = 20786 ( 1 + (0.021) \cdot 8 )$$

$$N_8 = 24278$$

Reemplazando los datos (Alausí):

$N_t$  = Demanda proyectada a 8 años (desde el 2011 - 2019)

$N_0 = 46371$  (año 2011)

$r = 0.8 \%$  (anual)

$t = 8$

$$N_8 = 46371 ( 1 + (0.008) \cdot 8 )$$

$$N_8 = 49338$$

### 3.2.1. TAMAÑO DE LA MUESTRA

Una vez calculada la demanda a 8 años, tanto para Guamote como para Alausí, la misma que vendría a ser el tamaño de la población para poder calcular el tamaño de la muestra, para ello se utiliza la Ec. 3.2.

$$n = \frac{N}{1+(e^2 \times N)} \quad \text{Ec. 3.2.}$$

$n$  = Tamaño de la muestra

$N$  = Tamaño de la población

$e^2$  = Error máximo admisible en el cálculo muestral

#### **Parámetros del estudio**

Nivel de confianza: 95%

Error Máximo admisible: 5%

Reemplazando (Guamote):

$N = 24278$

$e = 0.05$

$$n = \frac{N}{1 + (e^2 \times N)}$$

$$n = \frac{24278}{1 + (0.05^2 \times 24278)}$$

$n = 393.52$

$$n = 394$$

El tamaño de la muestra con un nivel de confianza de 95% y un error máximo admisible del 5% es de 394 personas en la ciudad de Guamote.

Reemplazando (Alausí):

$$N = 49338$$

$$e = 0.05$$

$$n = \frac{N}{1 + (e^2 \times N)}$$

$$= \frac{49338}{1 + (0.05^2 \times 49338)}$$

$$n = 396.7$$

$$n = 397$$

El tamaño de la muestra con un nivel de confianza de 95% y un error máximo admisible del 5% es de 397 personas en la ciudad de Alausí.

### **3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

Las dimensiones que se utilizaron fueron las calculadas anteriormente en la selección y tamaño de la muestra, mientras que los indicadores e índices para las variables se utilizaron del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC).

### **3.4. PROCEDIMIENTOS**

En la tabla 3.1. se va detallar en orden cronológico el procedimiento para recabar la información de la encuestas en las ciudades de Guamote y Alausí y la toma de puntos de referencia con la ayuda de GPS en los cerros de Cacha, Cebollar Alto, Shirben y Puchucal.

**Tabla 3.1.** Recopilación de datos y mediciones

Actividades	Año 2011							
	Enero				Febrero			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Encuesta (Guamote)		■						
Encuesta (Alausí)			■					
Tabulación de Datos				■				
Medición Cerro Cacha					■			
Medición Cerro Cebollar Alto						■		
Medición Cerro Shirben							■	
Medición Cerro Puchucal								■

En las encuestas realizadas se expusieron una serie de preguntas para saber la percepción ciudadana acerca de la instalación de un canal de televisión en cada uno de los sectores en estudio.

Las encuestas realizadas a las ciudades de Guamote y Alausí se distribuyeron en 11 preguntas (anexo 1), con el fin de saber la demanda insatisfecha de un servicio televisivo propio de la provincia, así como también la importancia de que un medio de comunicación les mantenga bien informados y les ayude en el desarrollo de su comunidad.

Las técnicas que se utilizaron son los procedimientos e instrumentos, los mismos sirvieron para acceder al conocimiento como lo son las encuestas, entrevistas, observaciones y todo lo que se deriva de ellas; así como también la toma de puntos con la ayuda del GPS.

### 3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LAS ENCUESTAS

En el procesamiento de las encuestas se hizo un análisis a cada una de las ciudades, pregunta por pregunta se hizo énfasis de las deficiencias y fortalezas de cada una de los sectores y al final se realizó una tabulación general de datos.

Se encuestó a 397 personas en Alausí y 394 personas en Guamote, que residen en viviendas en las ciudades antes mencionadas.

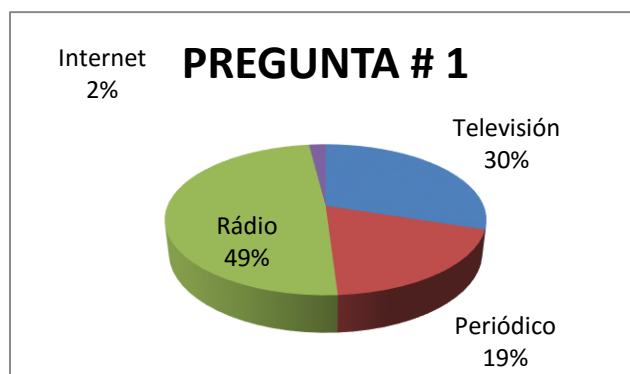
### **Tabulación de datos obtenidos:**

#### **3.5.1. PRIMERA PREGUNTA (GUAMOTE)**

##### **¿Cuál es el medio de comunicación que usted más utiliza?**

En el siguiente gráfico se muestran los medios de comunicación más utilizados y los resultados de esta pregunta al encuestar a 394 personas.

**Figura 3.1.** Pregunta número uno de la encuesta (Guamote)



Los resultados muestran claramente que el medio de comunicación más utilizado en la ciudad de Guamote es el radio con un 49% de los encuestados que equivale a 193 personas, la televisión lo utilizan 118 personas que equivale a un 30%, el periódico lo utilizan 75 personas que equivale a 19% y el internet 8 personas que equivale al 2%.

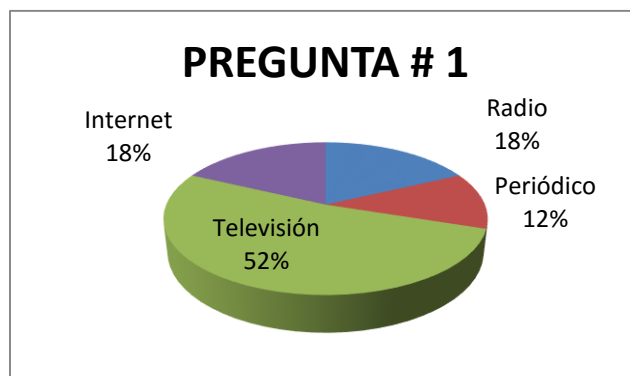
#### **3.5.2. PRIMERA PREGUNTA (ALAUÍS)**



### ¿Cuál es el medio de comunicación que usted más utiliza?

En el siguiente gráfico se muestran los medios de comunicación más utilizados y los resultados de esta pregunta al encuestar a 397 personas.

**Figura 3.2.** Pregunta número uno de la encuesta (Alausí)



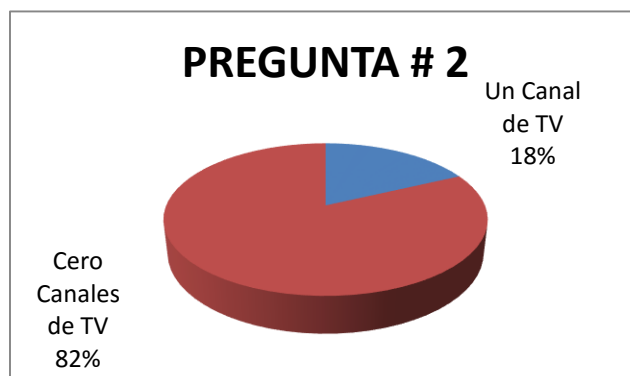
Los resultados muestran claramente que el medio de comunicación más utilizado en la ciudad de Alausí es la televisión con un 52% de los encuestados que equivale a 206 personas, la radio lo utilizan 71 personas que equivale a un 18%, el periódico lo utilizan 49 personas que equivale a 12% y el internet 71 personas que equivale al 18%.

### 3.5.3. SEGUNDA PREGUNTA (GUAMOTE)

#### ¿Cuántos canales de televisión cogen en su comunidad?

En el siguiente gráfico se muestran la cantidad de canales de televisión que se captan en dicha comunidad y los resultados de esta pregunta al encuestar a 394 personas.

**Figura 3.3.** Pregunta número dos de la encuesta (Guamote)



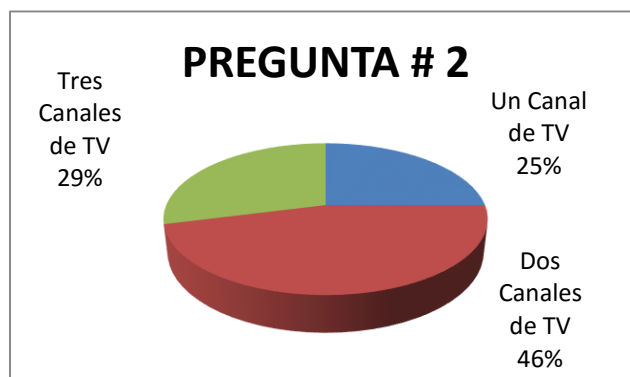
Los resultados muestran claramente que en la mayor parte de viviendas de la ciudad de Guamote no se capta ninguna señal de televisión abierta, que equivale a un 82% de los encuestado, expresándose a favor de esta respuesta 323 personas, en cambio el 18% de los encuestados que equivale a 71 personas se expresaron diciendo que captan un canal de televisión, pero dichas personas viven en lugares altos, en algún cerro o loma.

#### 3.5.4. SEGUNDA PREGUNTA (ALAUÍS)

##### ¿Cuántos canales de televisión cogen en su comunidad?

En el siguiente gráfico se muestran la cantidad de canales de televisión que se captan en dicha comunidad y los resultados de esta pregunta al encuestar a 397 personas.

**Figura 3.4.** Pregunta número dos de la encuesta (Alausí)



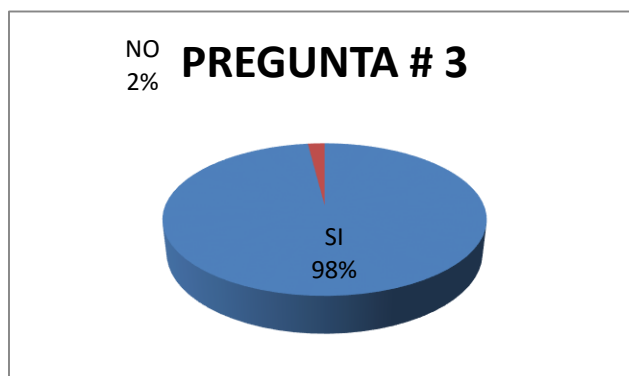
Los resultados muestran que en la mayor parte de viviendas de la ciudad de Alausí se captan dos canales de televisión de señal abierta, que equivale a un 46% de los encuestado, expresándose a favor de esta respuesta 183 personas, en cambio el 29% de los encuestados que equivale a 115 personas se expresaron diciendo que captan tres canal de televisión y el 25% de los encuestados que equivale a 99 personas se expresaron diciendo que captan un canal de televisión.

#### 3.5.5. TERCERA PREGUNTA (GUAMOTE)

##### ¿Usted considera necesario que en su cantón se instale un canal de televisión?

En el siguiente gráfico se muestra la necesidad de que se instale un canal de televisión al encuestar a 394 personas.

**Figura 3.5.** Pregunta número tres de la encuesta (Guamote)



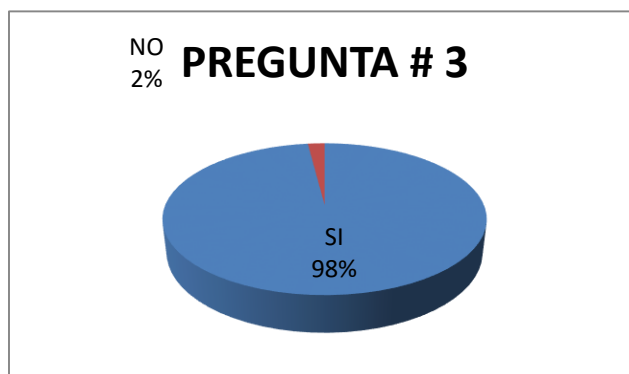
Los resultados muestran claramente que la mayor parte de personas están de acuerdo que se instale un canal de televisión de señal abierta, que equivale a un 98% de los encuestado, expresándose a favor de esta respuesta 386 personas, en cambio el 2% de los encuestados que equivale a 8 personas se expresaron diciendo que no es necesario.

### 3.5.6. TERCERA PREGUNTA (ALAUÍS)

**¿Usted considera necesario que en su cantón se instale un canal de televisión?**

En el siguiente gráfico se muestra la necesidad de que se instale un canal de televisión al encuestar a 397 personas

**Figura 3.6.** Pregunta número tres de la encuesta (Alausí).



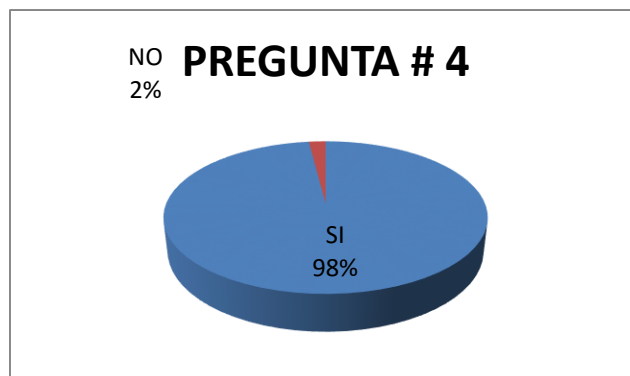
Los resultados muestran claramente que la mayor parte de personas están de acuerdo que se instale un canal de televisión de señal abierta, que equivale a un 98% de los encuestado, expresándose a favor de esta respuesta 389 personas, en cambio el 2% de los encuestados que equivale a 8 personas se expresaron diciendo que no es necesario.

### 3.5.7. CUARTA PREGUNTA (GUAMOTE)

**¿Cree que un canal de televisión contribuirá al desarrollo de su comunidad?**

En el siguiente gráfico se muestra si un canal de televisión de señal abierta contribuirá o no al desarrollo de su comunidad al encuestar a 394 personas.

**Figura 3.7.** Pregunta número cuatro de la encuesta (Guamote)

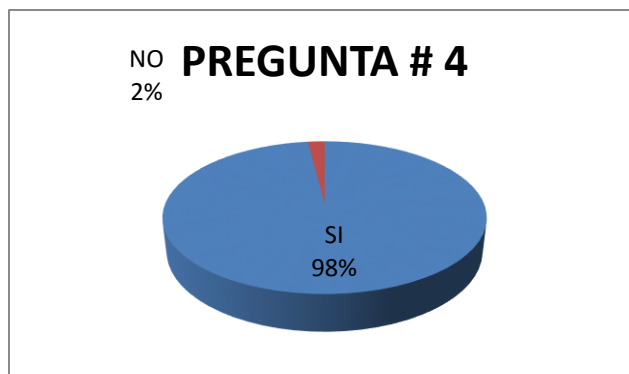


Los resultados muestran claramente que la mayor parte de personas están de acuerdo que un nuevo canal de televisión contribuirá al desarrollo de su comunidad, que equivale a un 98% de los encuestado, expresándose a favor de esta respuesta 386 personas, en cambio el 2% de los encuestados que equivale a 8 personas se expresaron diciendo que no contribuirá al desarrollo.

### 3.5.8. CUARTA PREGUNTA (ALAUÍ)

**¿Cree que un canal de televisión contribuirá al desarrollo de su comunidad?**

En el siguiente gráfico se muestra si un canal de televisión de señal abierta contribuirá o no al desarrollo de su comunidad al encuestar a 397 personas.

**Figura 3.8.** Pregunta número cuatro de la encuesta (Alausí)

Los resultados muestran claramente que la mayor parte de personas están de acuerdo que un nuevo canal de televisión contribuirá al desarrollo de su comunidad, que equivale a un 98% de los encuestado, expresándose a favor de esta respuesta 389 personas, en cambio el 2% de los encuestados que equivale a 8 personas se expresaron diciendo que no contribuirá al desarrollo.

### 3.5.9. QUINTA PREGUNTA (GUAMOTE)

**¿Usted considera que un nuevo medio de comunicación ayudará a difundir el turismo en su cantón?**

En el siguiente gráfico se muestra si un canal de televisión de señal abierta contribuirá o no a difundir el turismo en su cantón al encuestar a 394 personas.

**Figura 3.9.** Pregunta número cinco de la encuesta (Guamote)

Los resultados muestran claramente que la mayor parte de personas están de acuerdo que un nuevo canal de televisión contribuirá a difundir el turismo en su

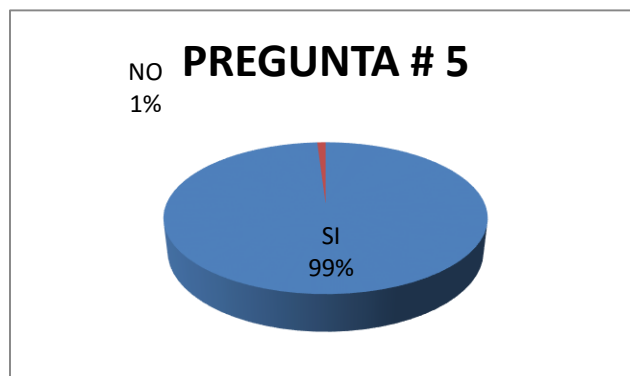
cantón, que equivale a un 98% de los encuestado, expresándose a favor de esta respuesta 386 personas, en cambio el 2% de los encuestados que equivale a 8 personas se expresaron diciendo que no contribuirá a difundir el turismo.

### 3.5.10. QUINTA PREGUNTA (ALAUÍS)

**¿Usted considera que un nuevo medio de comunicación ayudará a difundir el turismo en su cantón?**

En el siguiente gráfico se muestra si un canal de televisión de señal abierta contribuirá o no a difundir el turismo en su cantón al encuestar a 397 personas.

**Figura 3.10.** Pregunta número cinco de la encuesta (Alausí)

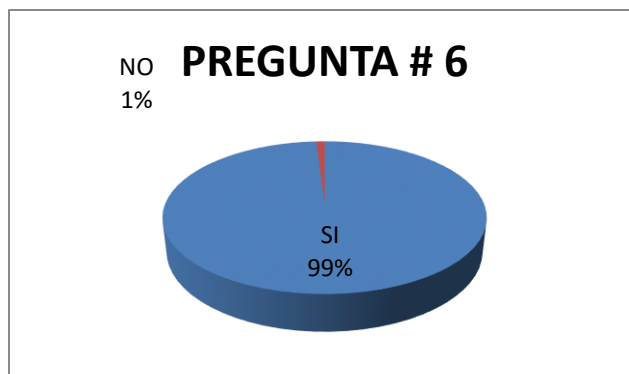


Los resultados muestran claramente que la gran mayoría de personas están de acuerdo que un nuevo canal de televisión contribuirá a difundir el turismo en su cantón, que equivale a un 99% de los encuestados, expresándose a favor de esta respuesta 393 personas, en cambio el 1% de los encuestados que equivale a 4 personas se expresaron diciendo que no contribuirá a difundir el turismo.

### 3.5.11. SEXTA PREGUNTA (GUAMOTE)

**¿Usted considera que un nuevo medio de comunicación ayudará a mejorar el comercio en su ciudad?**

En el siguiente gráfico se muestra si un nuevo medio de comunicación ayudará a mejorar el comercio en su ciudad al encuestar a 394 personas.

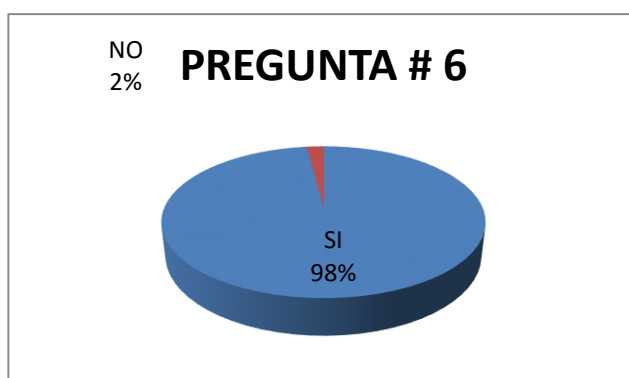
**Figura 3.11.** Pregunta número seis de la encuesta (Guamote)

Los resultados muestran claramente que la mayor parte de personas están de acuerdo que un nuevo medio de comunicación ayudará a mejorar el comercio en su ciudad, que equivale a un 99% de los encuestado, expresándose a favor de esta respuesta 390 personas, en cambio el 1% de los encuestados que equivale a 4 personas se expresaron diciendo que no ayudará a mejorar el comercio en la ciudad.

### 3.5.12. SEXTA PREGUNTA (ALAUŚÍ)

**¿Usted considera que un nuevo medio de comunicación ayudará a mejorar el comercio en su ciudad?**

En el siguiente gráfico se muestra si un nuevo medio de comunicación ayudará a mejorar el comercio en su ciudad al encuestar a 397 personas.

**Figura 3.12.** Pregunta número seis de la encuesta (Alausí)

Los resultados muestran claramente que la mayor parte de personas están de acuerdo que un nuevo medio de comunicación ayudará a mejorar el comercio en su ciudad, que equivale a un 98% de los encuestado, expresándose a favor de esta respuesta 389 personas, en cambio el 2% de los encuestados que equivale a 8

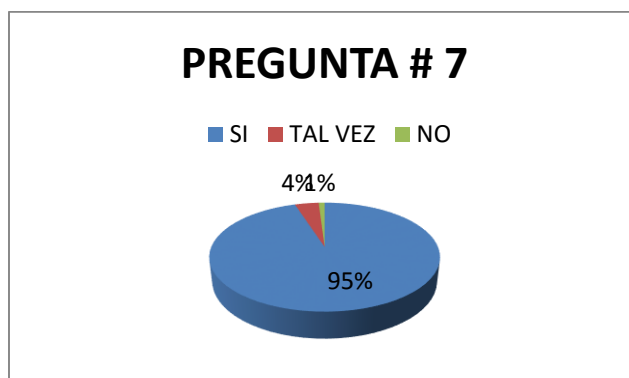
personas se expresaron diciendo que no ayudará a mejorar el comercio en la ciudad.

### 3.5.13. SEPTIMA PREGUNTA (GUAMOTE)

**¿Usted cree que un canal de televisión ayudará a difundir los problemas más importantes que se presentan en su comunidad?**

En el siguiente gráfico se muestra si un canal de televisión ayudara a difundir los problemas más importantes que se presenten en su comunidad al encuestar a 394 personas.

**Figura 3.13.** Pregunta número siete de la encuesta (Guamote)



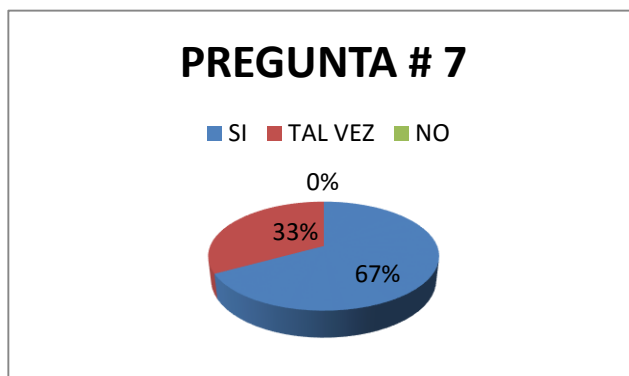
Los resultados muestran claramente que la mayor parte de personas están de acuerdo que un canal de televisión ayudará a difundir los problemas más importantes que se presentan en su comunidad, que equivale a un 95% de los encuestado, expresándose a favor de esta respuesta 374 personas, en cambio el 1% de los encuestados que equivale a 4 personas se expresaron diciendo en contra y el 4% dijeron que tal vez, que equivale a 16 personas.

### 3.5.14. SEPTIMA PREGUNTA (ALAUSSI)

**¿Usted cree que un canal de televisión ayudará a difundir los problemas más importantes que se presentan en su comunidad?**

En el siguiente gráfico se muestra si un canal de televisión ayudara a difundir los problemas más importantes que se presenten en su comunidad al encuestar a 397 personas.



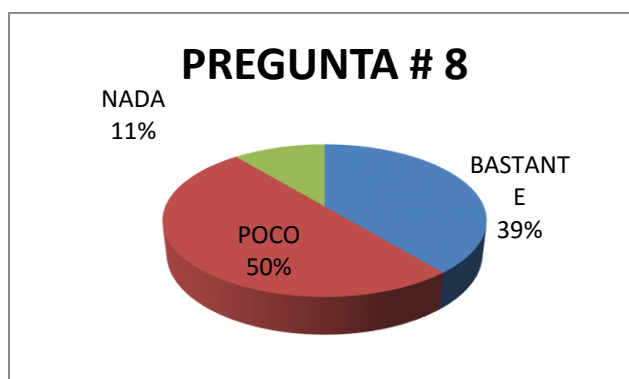
**Figura 3.14.** Pregunta número siete de la encuesta (Alausí)

Los resultados muestran claramente que la mayor parte de personas están de acuerdo que un canal de televisión ayudará a difundir los problemas más importantes que se presentan en su comunidad, que equivale a un 67% de los encuestado, expresándose a favor de esta respuesta 266 personas, en cambio por el no 0% de los encuestados y el 33% dijeron que tal vez, que equivale a 131 personas.

### 3.5.15. OCTAVA PREGUNTA (GUAMOTE)

**¿Usted considera que con los medios de comunicación que dispone en su comunidad está bien informado acerca de lo que pasa en su cantón, provincia y país?**

En el siguiente gráfico se muestra si con los medios de comunicación disponibles está bien informado en su comunidad al encuestar a 394 personas.

**Figura 3.15.** Pregunta número ocho de la encuesta (Guamote)

Los resultados muestran claramente que la mayor parte de personas están poco informadas con los medios de comunicación que disponen actualmente, que equivale a un 50% de los encuestado, expresándose acerca de esta pregunta 197 personas, en cambio el 39% de los encuestados dicen estar bastante informados

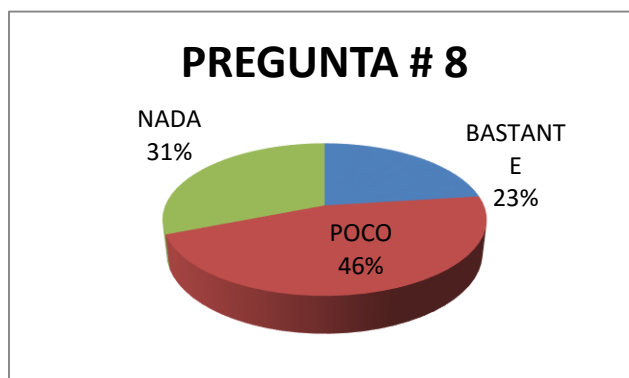
que equivale a 154 personas y el 11% dijeron no estar nada informados, que equivale a 43 personas.

### 3.5.16. OCTAVA PREGUNTA (ALAUSSI)

**¿Usted considera que con los medios de comunicación que dispone en su comunidad está bien informado acerca de lo que pasa en su cantón, provincia y país?**

En el siguiente gráfico se muestra si con los medios de comunicación disponibles está bien informado en su comunidad al encuestar a 397 personas.

**Figura 3.16.** Pregunta número ocho de la encuesta (Alausí)

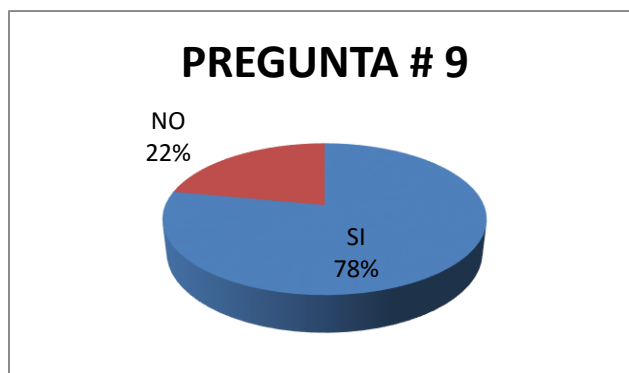


Los resultados muestran claramente que la mayor parte de personas están poco informadas con los medios de comunicación que disponen actualmente, que equivale a un 46% de los encuestados, expresándose acerca de esta pregunta 183 personas, en cambio el 23% de los encuestados dicen estar bastante informados que equivale a 91 personas y el 31% dijeron no estar nada informados, que equivale a 123 personas.

### 3.5.17. NOVENA PREGUNTA (GUAMOTE)

**¿Usted conoce o ha escuchado acerca del canal de televisión TVS Canal 13?**

En el siguiente gráfico se muestra las personas que conocen o han escuchado acerca del canal de televisión TVS al encuestar a 394 personas.

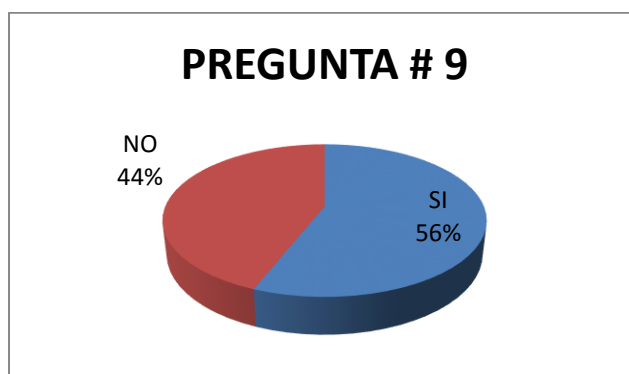
**Figura 3.17.** Pregunta número nueve de la encuesta (Guamote)

Los resultados muestran claramente que la mayor parte de personas conocen o han escuchado acerca del canal de televisión TVS canal 13, que equivale a un 78% de los encuestado, expresándose acerca de esta pregunta 307 personas, en cambio el 22% de los encuestados dicen no conocer acerca del medio televisivo que equivale a 87 personas.

### 3.5.18. NOVENA PREGUNTA (ALAUSSI)

**¿Usted conoce o ha escuchado acerca del canal de televisión TVS Canal 13?**

En el siguiente gráfico se muestra las personas que conocen o han escuchado acerca del canal de televisión TVS al encuestar a 397 personas.

**Figura 3.18.** Pregunta número nueve de la encuesta (Alausí)

Los resultados muestran claramente que la mayor parte de personas conocen o han escuchado acerca del canal de televisión TVS canal 13, que equivale a un 56% de

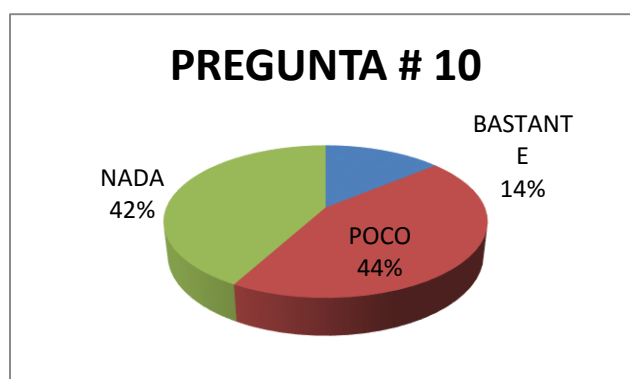
los encuestado, expresándose acerca de esta pregunta 222 personas, en cambio el 44% de los encuestados dicen no conocer acerca del medio televisivo que equivale a 175 personas.

### 3.5.19. DECIMA PREGUNTA (GUAMOTE)

**¿Usted considera que las autoridades de su cantón han trabajado en su beneficio?**

En el siguiente gráfico se muestra la opinión de la ciudadanía acerca del trabajo que hacen las autoridades en su sector al encuestar a 394 personas.

**Figura 3.19.** Pregunta número diez de la encuesta (Guamote)

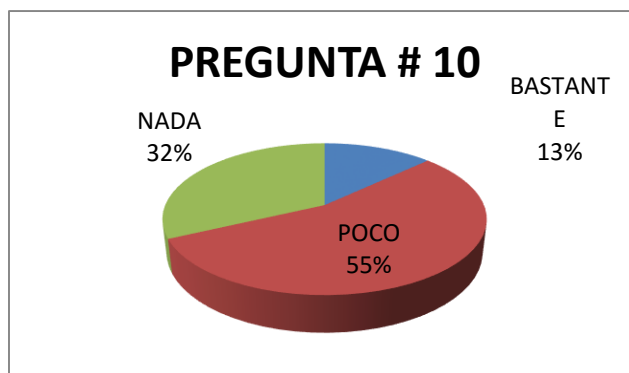


Los resultados muestran claramente que la mayor parte de personas están desconformes con el poco trabajo realizado por las autoridades, que equivale a un 44% de los encuestado, expresándose acerca de esta pregunta 173 personas, en cambio el 42% de los encuestados dicen que no se ha hecho ningún trabajo que equivale a 165 personas y el 14% dijeron que se ha trabajado bastante, que equivale a 56 personas.

### 3.5.20. DECIMA PREGUNTA (ALAUZI)

**¿Usted considera que las autoridades de su cantón han trabajado en su beneficio?**

En el siguiente gráfico se muestra la opinión de la ciudadanía acerca del trabajo que hacen las autoridades en su sector al encuestar a 397 personas.

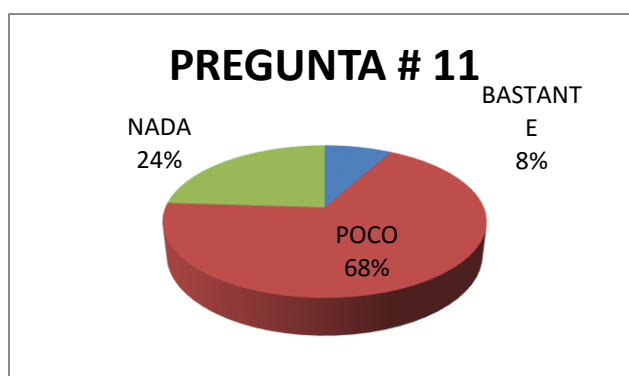
**Figura 3.20.** Pregunta número diez de la encuesta (Alausí)

Los resultados muestran claramente que la mayor parte de personas están descontentos con el poco trabajo realizado por las autoridades, que equivale a un 55% de los encuestados, expresándose acerca de esta pregunta 218 personas, en cambio el 32% de los encuestados dicen que no se ha hecho ningún trabajo que equivale a 127 personas y el 13% dijeron que se ha trabajado bastante, que equivale a 52 personas.

### 3.5.21. ONCEAVA PREGUNTA (GUAMOTE)

**¿Usted considera que las necesidades básicas de su comunidad han sido atendidas por parte de sus dirigentes?**

En el siguiente gráfico se muestra la opinión de la ciudadanía para saber si las necesidades básicas han sido atendidas por parte de sus dirigentes al encuestar a 394 personas.

**Figura 3.21.** Pregunta número once de la encuesta (Guamote)

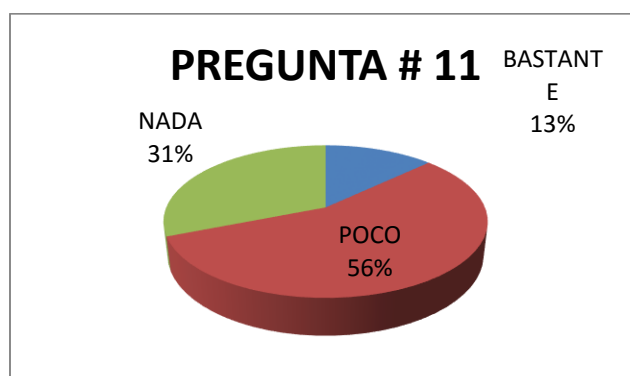
Los resultados muestran claramente que la mayor parte de personas están desconformes por la poca falta de atención a las necesidades básicas, que equivale a un 68% de los encuestado, expresándose acerca de esta pregunta 268 personas, en cambio el 24% de los encuestados dicen que no se ha hecho ningún trabajo que equivale a 95 personas y el 8% dijeron que se ha trabajado bastante, que equivale a 32 personas.

### 3.5.22. ONCEAVA PREGUNTA (ALAUSSI)

**¿Usted considera que las necesidades básicas de su comunidad han sido atendidas por parte de sus dirigentes?**

En el siguiente gráfico se muestra la opinión de la ciudadanía para saber si las necesidades básicas han sido atendidas por parte de sus dirigentes al encuestar a 397 personas.

**Figura 3.22.** Pregunta número once de la encuesta (Alausí)



Los resultados muestran claramente que la mayor parte de personas están desconformes por la poca falta de atención a las necesidades básicas, que equivale a un 56% de los encuestado, expresándose acerca de esta pregunta 222 personas, en cambio el 31% de los encuestados dicen que no se ha hecho ningún trabajo que equivale a 123 personas y el 13% dijeron que se ha trabajado bastante, que equivale a 52 personas.

### 3.5.23. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA

En base a los resultados obtenidos de la encuesta se puede deducir que la gran mayoría de personas encuestadas están a favor de que se instale un nuevo canal de

televisión; la demanda obtenida es positiva en la pregunta número tres figura 3.7 para Guamote y la figura 3.8 para Alausí, ya que el 98% de los encuestados se manifestaron por el sí en Guamote y Alausí.

$$D(t) = D_0(1 + i)^N$$

$D(t)$  = Demanda proyectada a N años.

$D_0$  = Demanda en el año cero.

$i$  = Factor de crecimiento.

$N$  = Tiempo en años de proyección.

**Guamote:**

$D(t)$  = Demanda proyectada al año 2019.

$D_0$  = Demanda en el año 2011.

$i = 2.1\%$

$N = 8$  años.

$$D(8) = 20786(1 + 0.021)^8$$

$$D(8) = 24547$$

**Tabla 3.2.** Proyección de la Demanda

<b>Años</b>	<b>Demanda</b>
2011	20787
2012	21224
2013	21670
2014	22125
2015	22589
2016	23064
2017	23548
2018	24042
2019	24547

**Alausí:**

$D(t)$  = Demanda proyectada al año 2019.

$D_0$  = Demanda en el año 2011.

$i = 0.8\%$

$N = 8$  años.

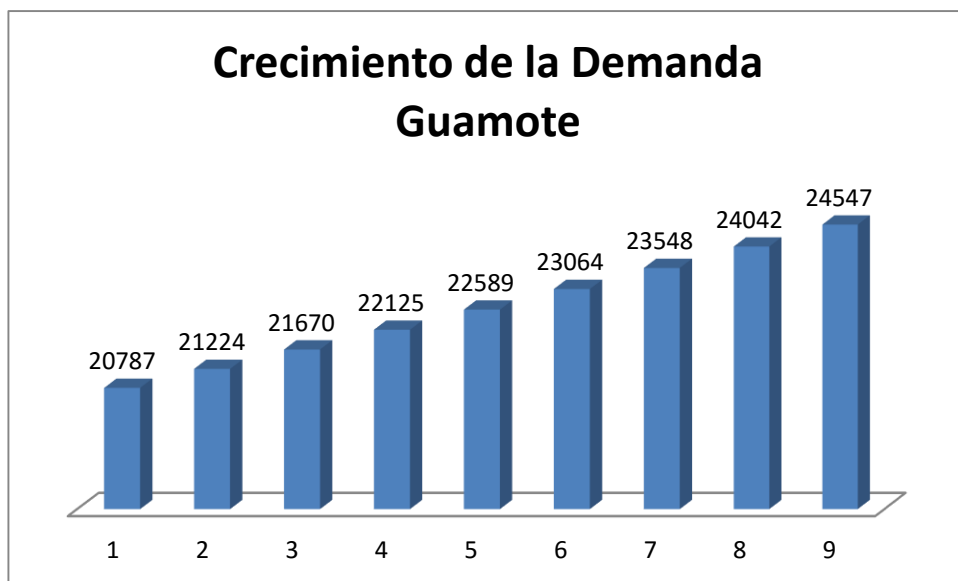
$$D(8) = 46371(1 + 0.008)^8$$

$$D(8) = 49423$$

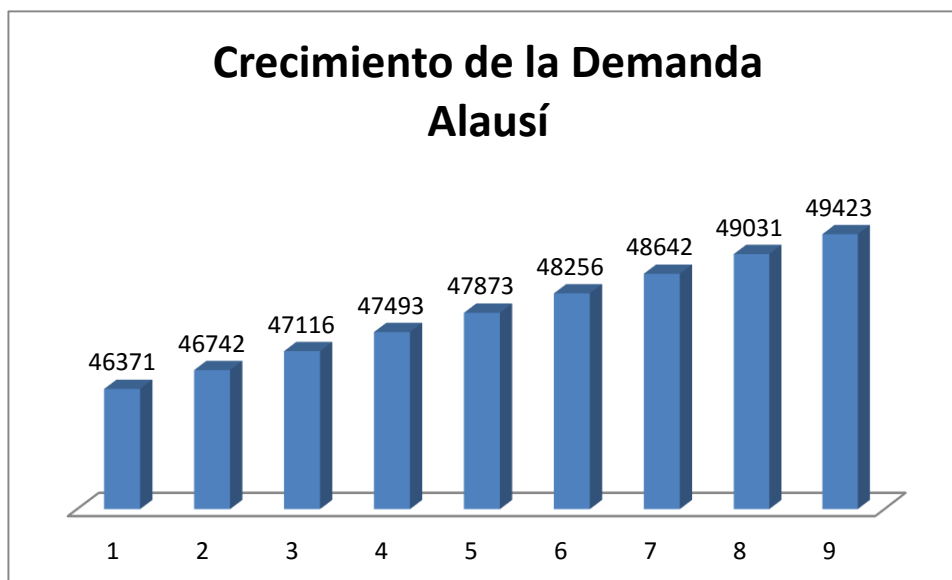
**Tabla 3.3.** Proyección de la Demanda

Años	Demanda
2011	46371
2012	46742
2013	47116
2014	47493
2015	47873
2016	48256
2017	48642
2018	49031
2019	49423

**Tabla 3.4.** Crecimiento de la Demanda Guamote





**Tabla 3.5.** Crecimiento de la Demanda Alausí

### 3.6. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS RADIO ENLACES

#### 3.6.1. PRIMERA PROPUESTA

En esta propuesta se va hacer un análisis para saber si la señal que se va irradiar desde el Cerro de Cebollar Alto hacia la parte alta de Guamote y Alausí se lo puede realizar, tomando en cuenta la geografía del sector, su zona de fresnel y las normas técnicas establecidas por el CONATEL. Se va trabajar en el rango de frecuencia en VHF, que va desde los 76 Mhz – 82 Mhz (canal 5), ya que la frecuencia del canal 13 está siendo ocupada por la cadena ecuatoriana de televisión (TC Televisión) en la ciudad de Alausí, por ese motivo se utiliza la frecuencia del canal 5.

##### 3.6.1.1. DISEÑO DEL ENLACE RIOBAMBA – CACHA

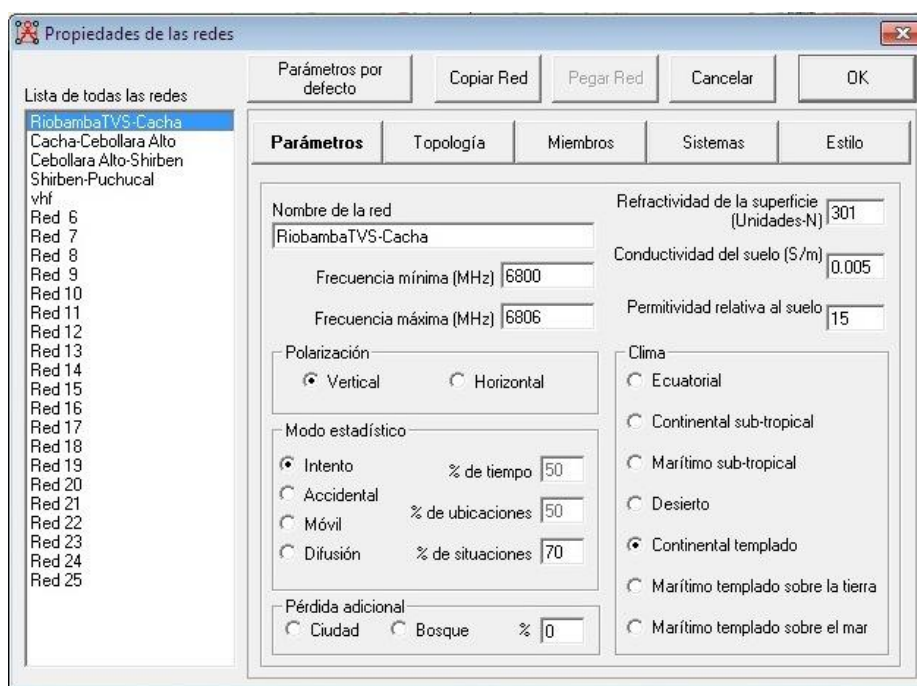
Antes de realizar el diseño del enlace se tomaron puntos de referencia con la ayuda del GPS, tanto en Riobamba y en la ubicación actual donde se encuentra funcionando TVS canal 13, así como también en el Cerro Cacha para saber la

información exacta y envase a ello realizar el análisis del radioenlace con la ayuda del programa Radio Mobile 9.4.0.6.

**Tabla 3.6.** Puntos de referencia enlace Riobamba TVS - Cerro Cacha Rx

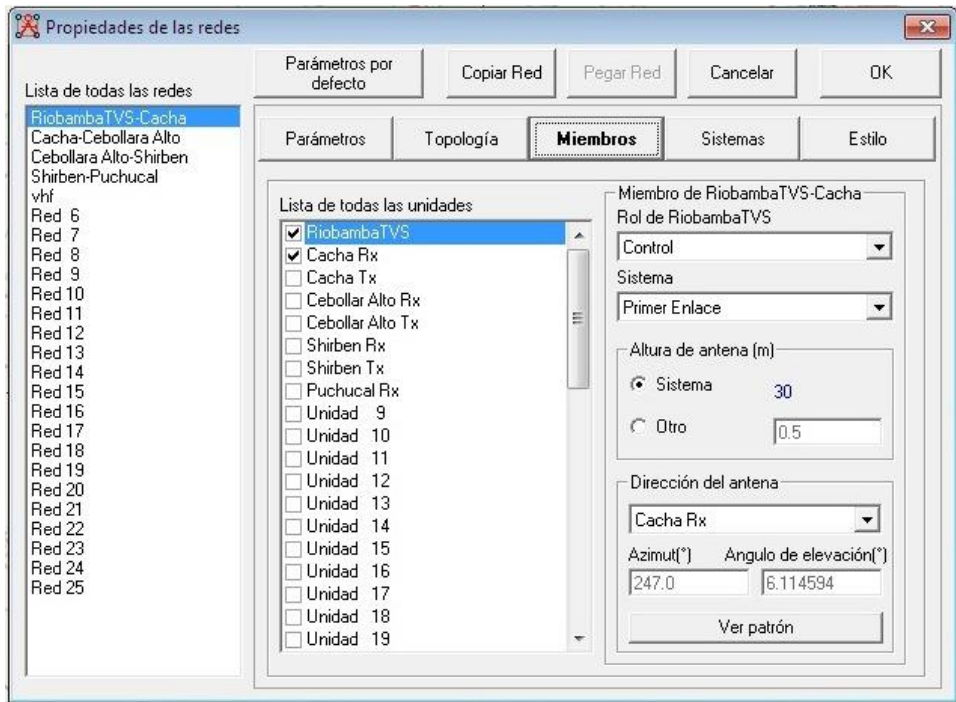
LUGAR	COORDENADAS UTM	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	ALTURA
<b>RIOBAMBA TVS</b>	Y = 9815915 X = 760301	01° 40' 31.9" (S) 078° 39' 37.4" (O)	2754 (m)
<b>CERRO CACHA</b>	Y = 9813251 X = 754021	01° 41' 59.5" (S) 078° 43' 0.4" (O)	3510 (m)

**Figura 3.23.** Propiedades de los parámetros del enlace



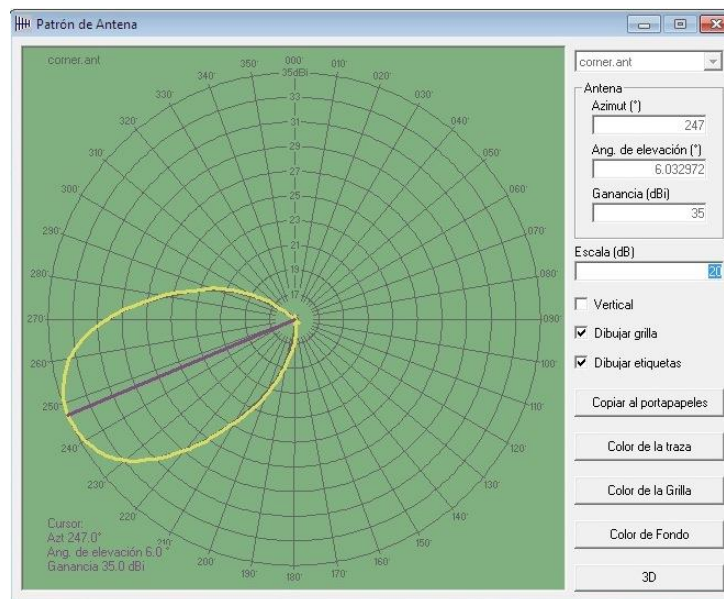
En la figura 3.23. se puede observar los diferentes parámetros en los que está trabajando el radio enlace, con una frecuencia mínima de 6800 Mhz. y una frecuencia máxima de 6806 Mhz. en el enlace de microondas.

**Figura 3.24.** Propiedades de los miembros del enlace

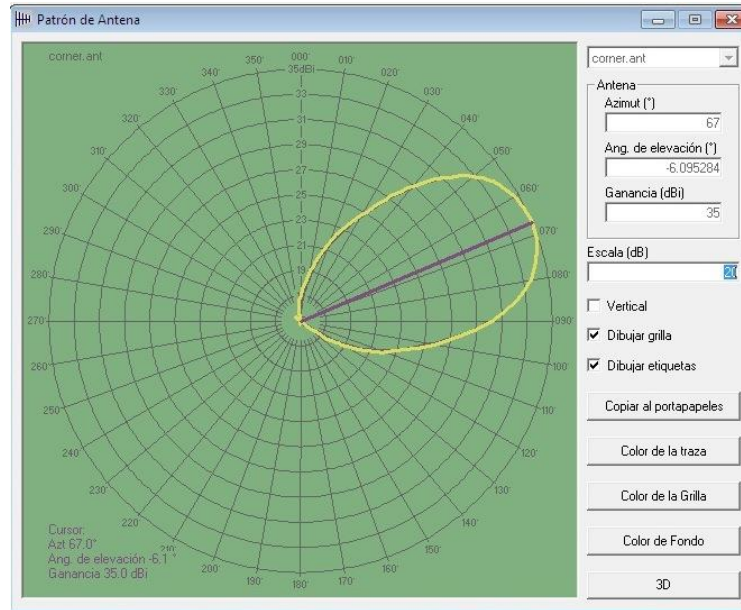


En la figura 3.24. se pueden observar los miembros del radio enlace que son Riobamba TVS como transmisor y Cacha Rx como receptor, así como también podemos observar el patrón de radiación de Riobamba TVS con un ángulo de azimut de  $247^\circ$  y un ángulo de elevación de  $6.11^\circ$ , así como también de Cacha Rx con un ángulo de azimut de  $67^\circ$  y un ángulo de elevación de  $-6.17^\circ$ .

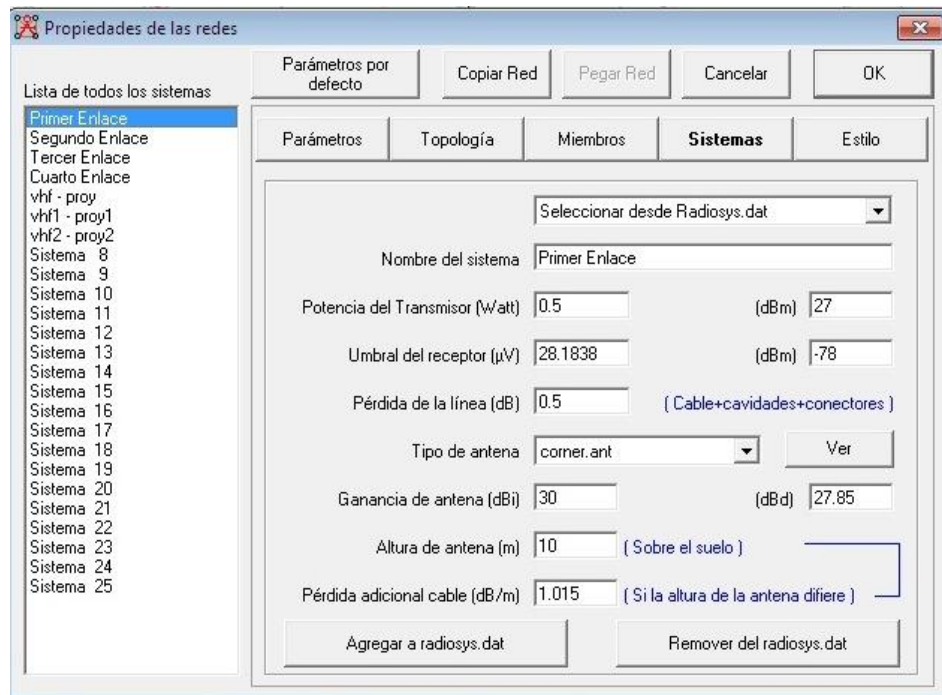
**Figura 3.25.** Patrón de radiación de la antena Riobamba TVS



**Figura 3.26.** Patrón de radiación de la antena Cacha Rx



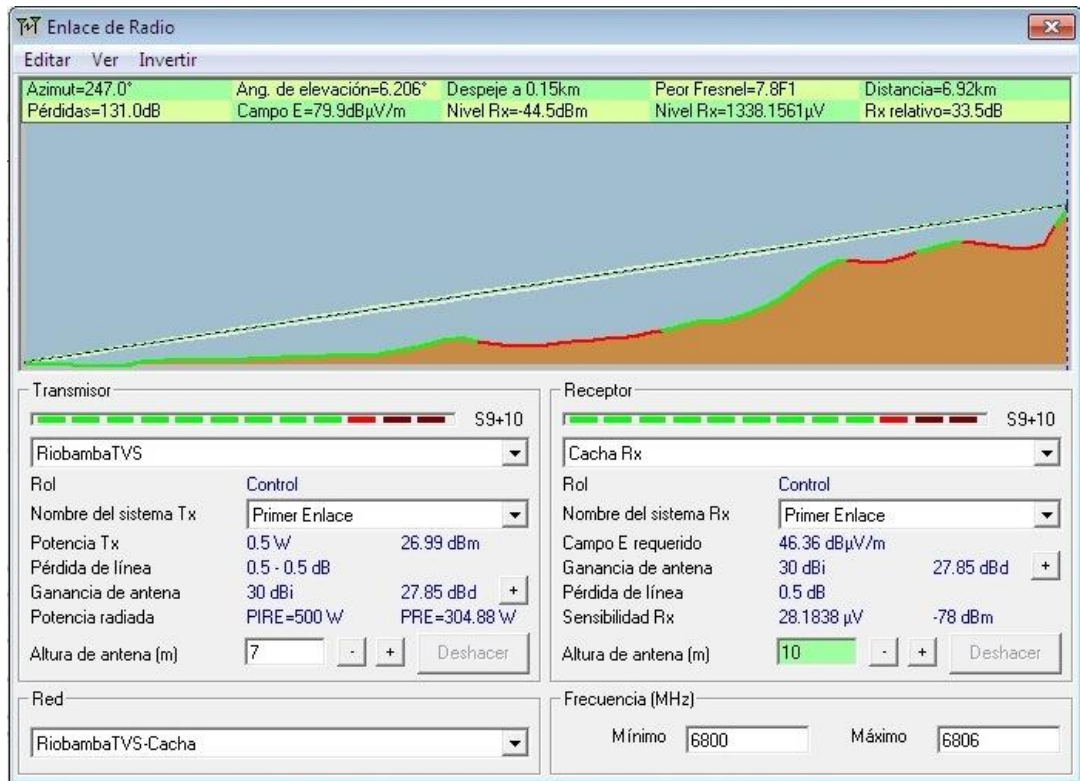
**Figura 3.27.** Propiedades de los sistemas del enlace



En la figura 3.27. se pueden observar los sistemas del radio enlace, en primer lugar se definió el nombre del sistema como Primer Enlace, la potencia del transmisor de 0.5 Watt (27 dBm), un umbral del receptor de 28.18 uV (-78 dBm), una pérdida de línea de 0.5 dB esto incluye el cable, cavidades y conectores en la microonda. La antena a utilizarse es la tipo corner con una ganancia en la antena

de 30 dBi (27.85 dBd), esta ganancia permite ganar calidad de recepción en la señal; esta antena se encuentra a una altura de 10m sobre el nivel de piso y con una pérdida adicional del cable de 1.015 (dB/m).

**Figura 3.28.** Detalle del radioenlace RiobambaTVS – Cacha Rx



Como se observa en la figura 3.28. se muestran los datos ingresados con los diferentes parámetros con los que va trabajar el radio enlace, para garantizar una excelente señal tanto al transmitir como al recibir la señal, dando como resultado el gráfico de la topografía del terreno y la zona de Fresnel.

**Figura 3.29.** Ubicación de la antena Tx y Rx en el Cerro Cacha



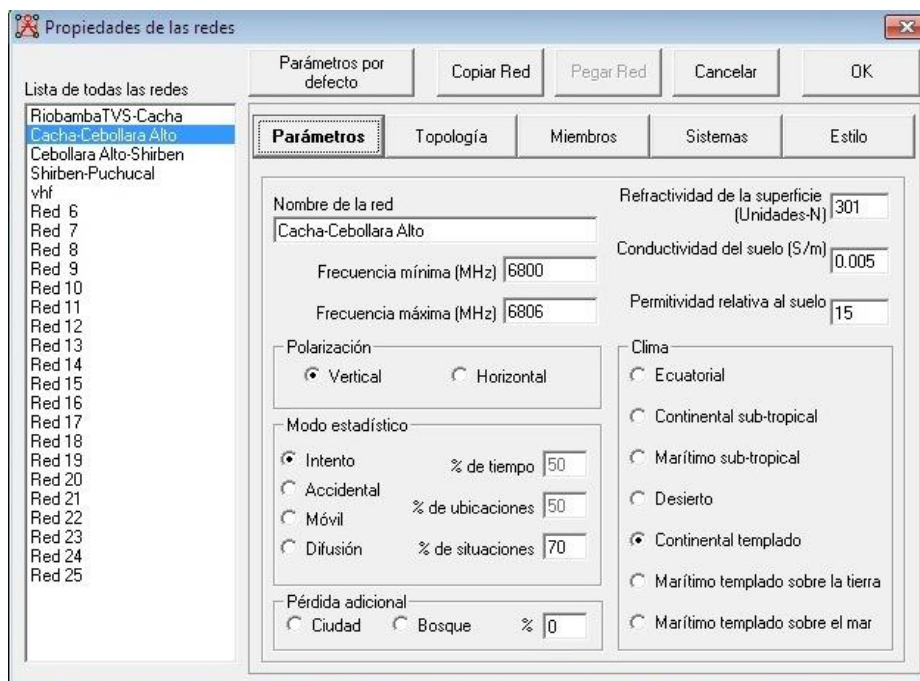
### 3.6.1.2. DISEÑO DEL ENLACE CERRO CACHA – CERRO CEBOLLAR ALTO

Antes de realizar el diseño del enlace se tomaron puntos de referencia con la ayuda del GPS, tanto en el Cerro Cacha así como también en el Cerro de Cebollar Alto para saber la información exacta y en base a ello realizar el análisis del radioenlace con la ayuda del programa Radio Mobile 9.4.0.6.

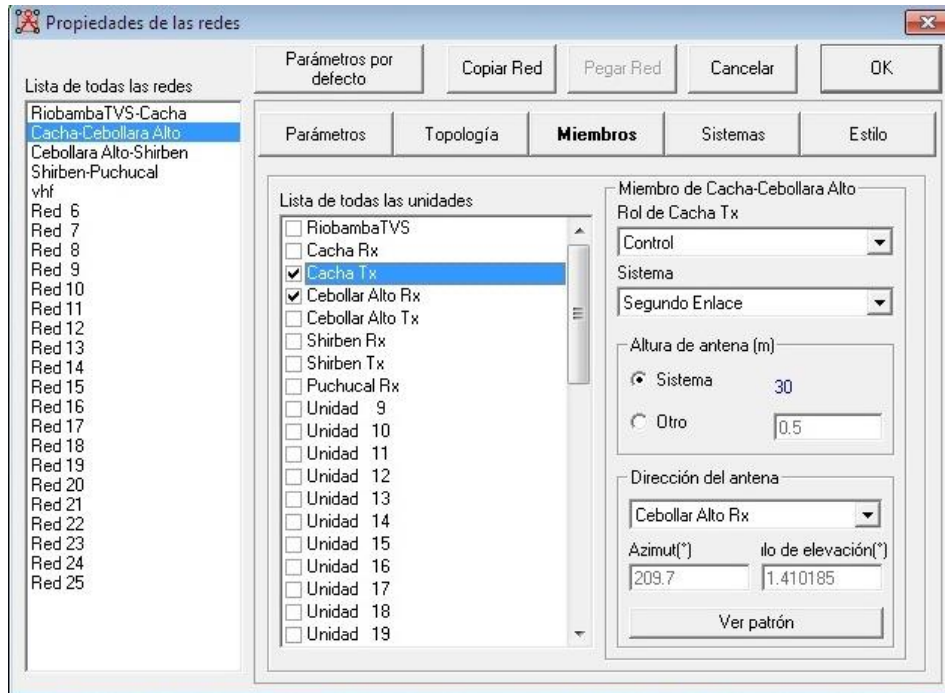
**Tabla 3.7.** Puntos de referencia enlace Cerro Cacha Tx – Cerro de Cebollar Alto Rx.

LUGAR	COORDENADAS UTM	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	ALTURA
<b>CERRO CACHA</b>	Y = 9813251 X = 754021	01° 41' 59.5" (S) 078° 43' 0.4" (O)	3510 (m)
<b>CERRO DE CEBOLLAR ALTO</b>	Y = 9803065 X = 748010	01° 47' 33.5" (S) 078° 46' 14.4" (O)	3826 (m)

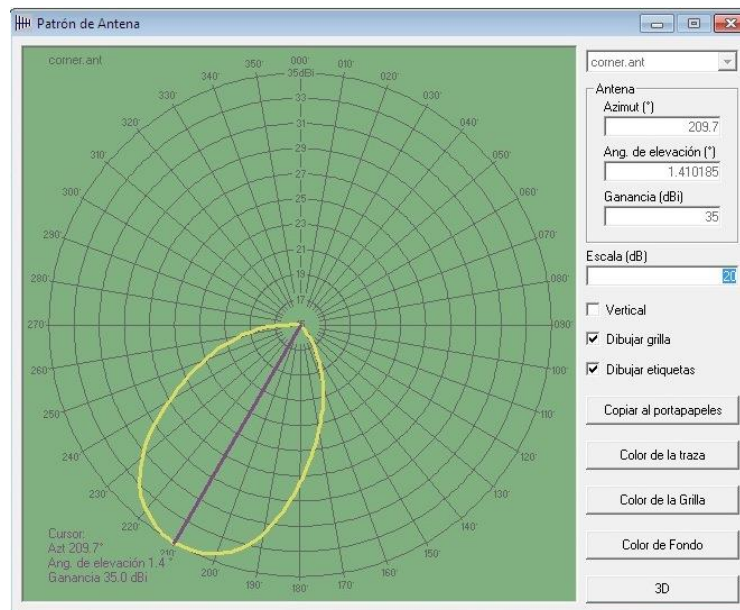
**Figura 3.30.** Propiedades de los parámetros del enlace

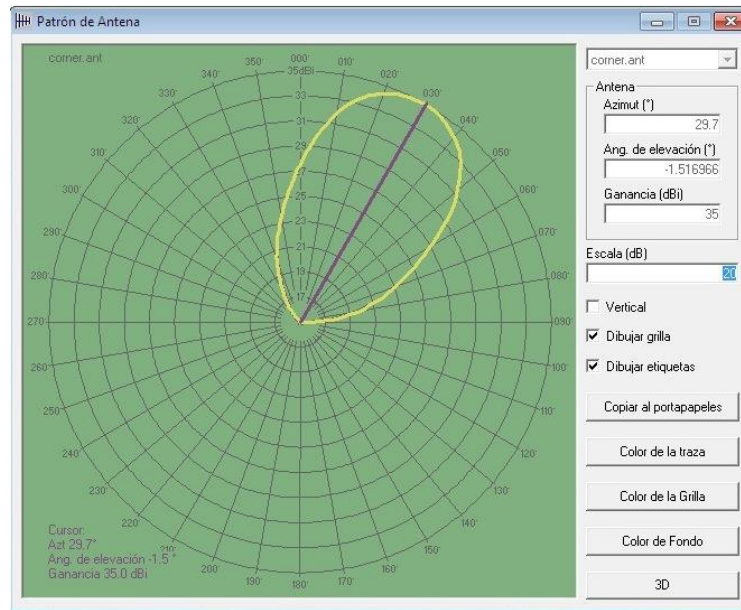
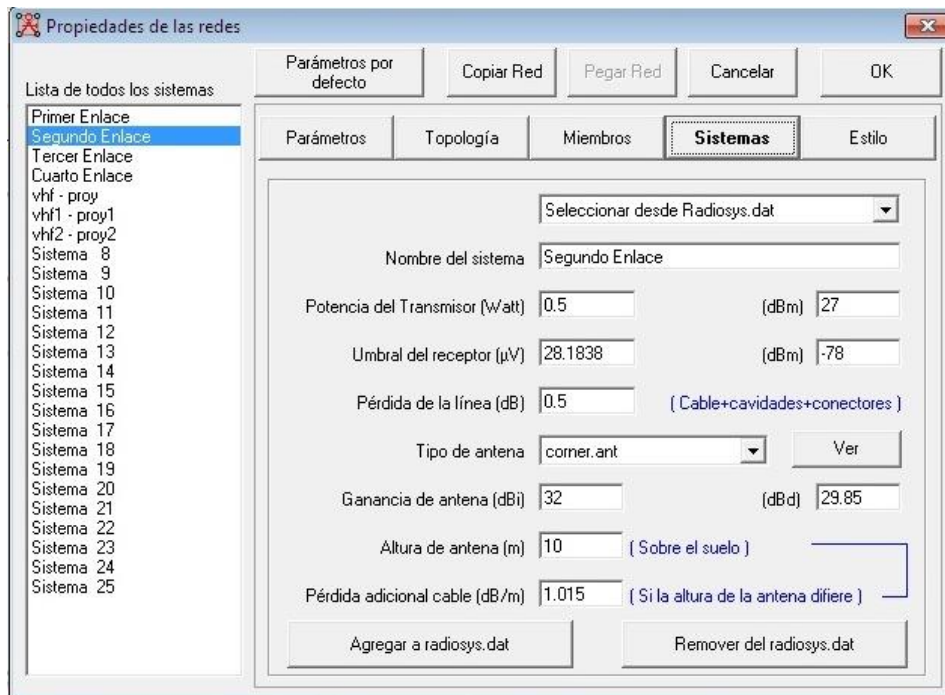


En la figura 3.30 se puede observar los diferentes parámetros en los que está trabajando el radio enlace, con una frecuencia mínima de 6800 Mhz y una frecuencia máxima de 6806 Mhz en el enlace de microondas.

**Figura 3.31.** Propiedades de los miembros del enlace

En la figura 3.31. se pueden observar los miembros del radio enlace que son Cacha Tx como transmisor y Cebollar Alto Rx como receptor, así como también podemos observar el patrón de radiación de Cacha Tx con un ángulo de azimut de  $209^\circ$  y un ángulo de elevación de  $1.41^\circ$ , así como también de Cebollar Alto Rx con un ángulo de azimut de  $29.7^\circ$  y un ángulo de elevación de  $-1.51^\circ$ .

**Figura 3.32.** Patrón de radiación de la antena Cacha Tx

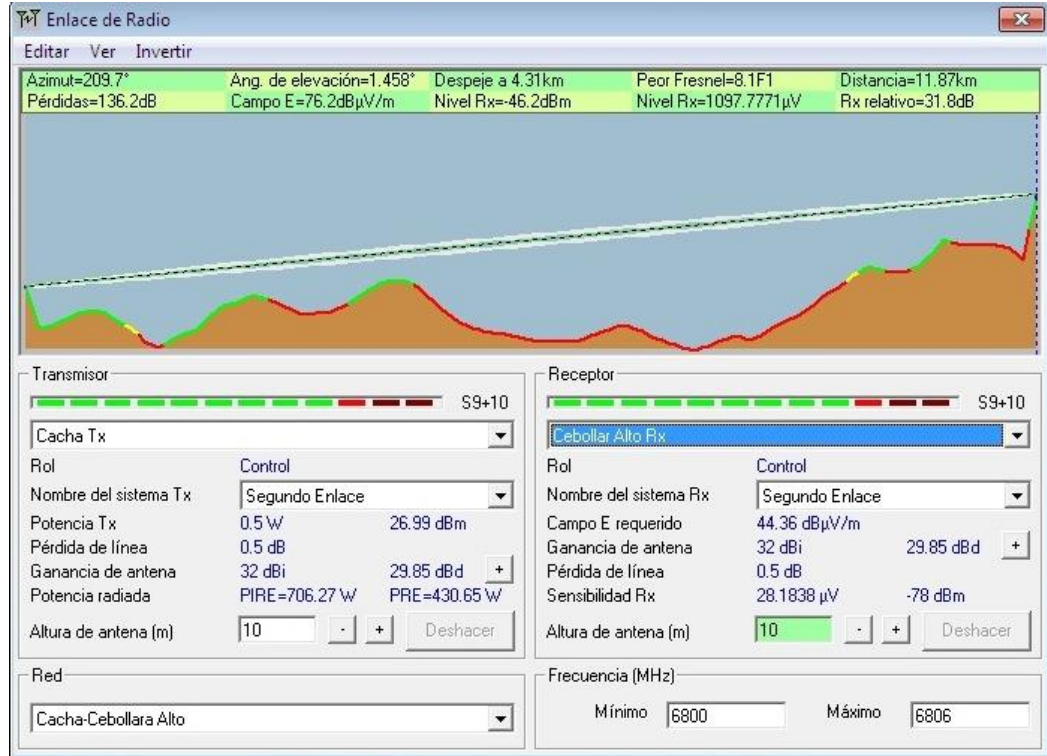
**Figura 3.33.** Patrón de radiación de la antena Cebollar Alto Rx**Figura 3.34.** Propiedades de los sistemas del enlace

En la figura 3.34. se pueden observar los sistemas del radio enlace, en primer lugar se definió el nombre del sistema como Segundo Enlace, la potencia del transmisor de 0.5 Watt (27 dBm), un umbral del receptor de 28.18 uV (-78 dBm), una pérdida de línea de 0.5 dB esto incluye el cable, cavidades y conectores en la microonda. La antena a utilizarse es la tipo corner con una ganancia en la antena de 32 dBi (29.85 dBd), esta ganancia permite ganar calidad de recepción en la



señal; esta antena se encuentra a una altura de 10m sobre el nivel de piso y con una pérdida adicional del cable de 1.015 (dB/m).

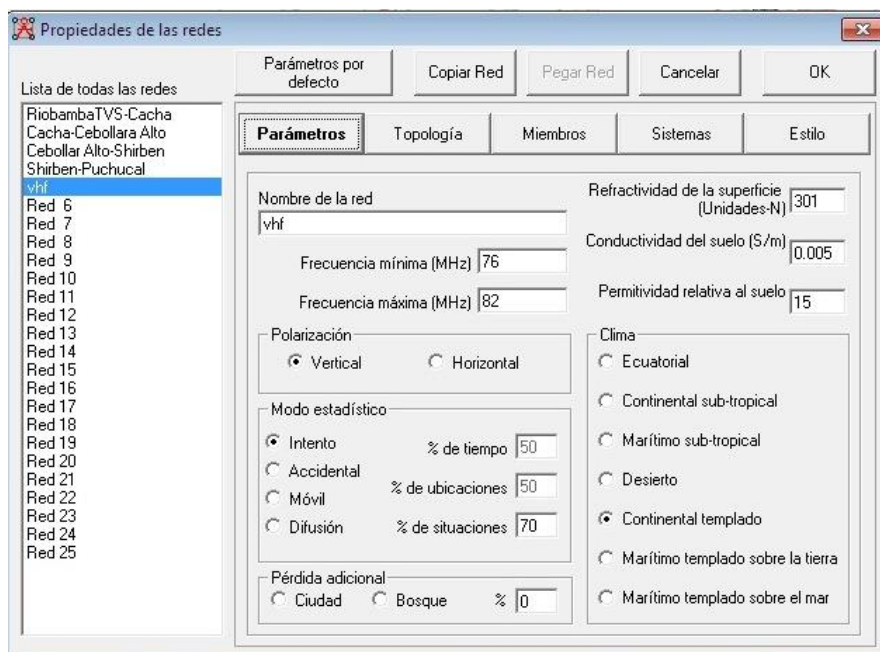
**Figura 3.35.** Detalle del radioenlace Cacha Tx – Cebollar Alto Rx



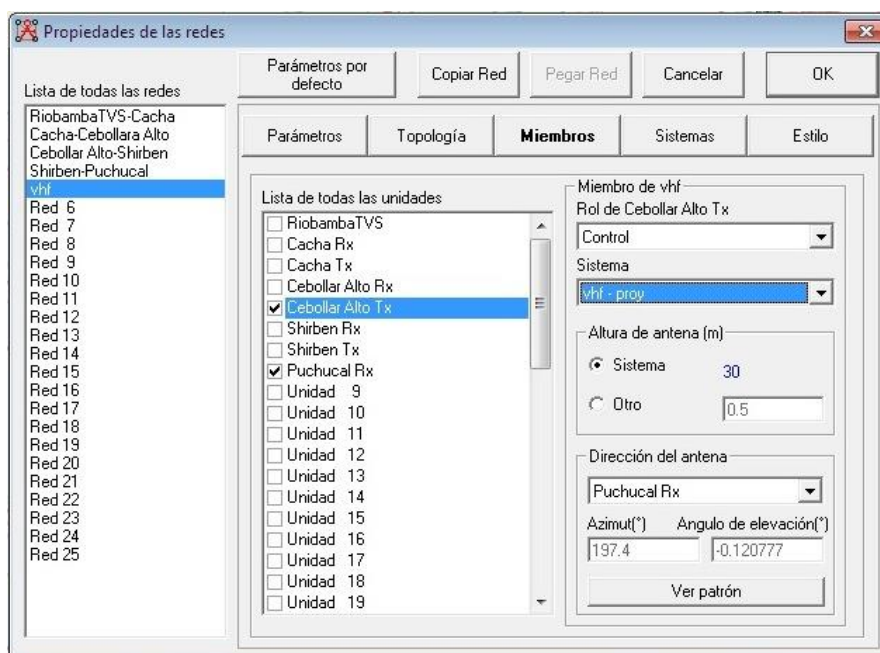
Como se observa en la figura 3.35. se muestran los datos ingresados con los diferentes parámetros con los que va trabajar el radio enlace, para garantizar una excelente señal tanto al transmitir como al recibir la señal, dando como resultado el gráfico de la topografía del terreno y la zona de Fresnel.

**Figura 3.36.** Vista desde el Cerro de Cebollar Alto al Cerro Cacha



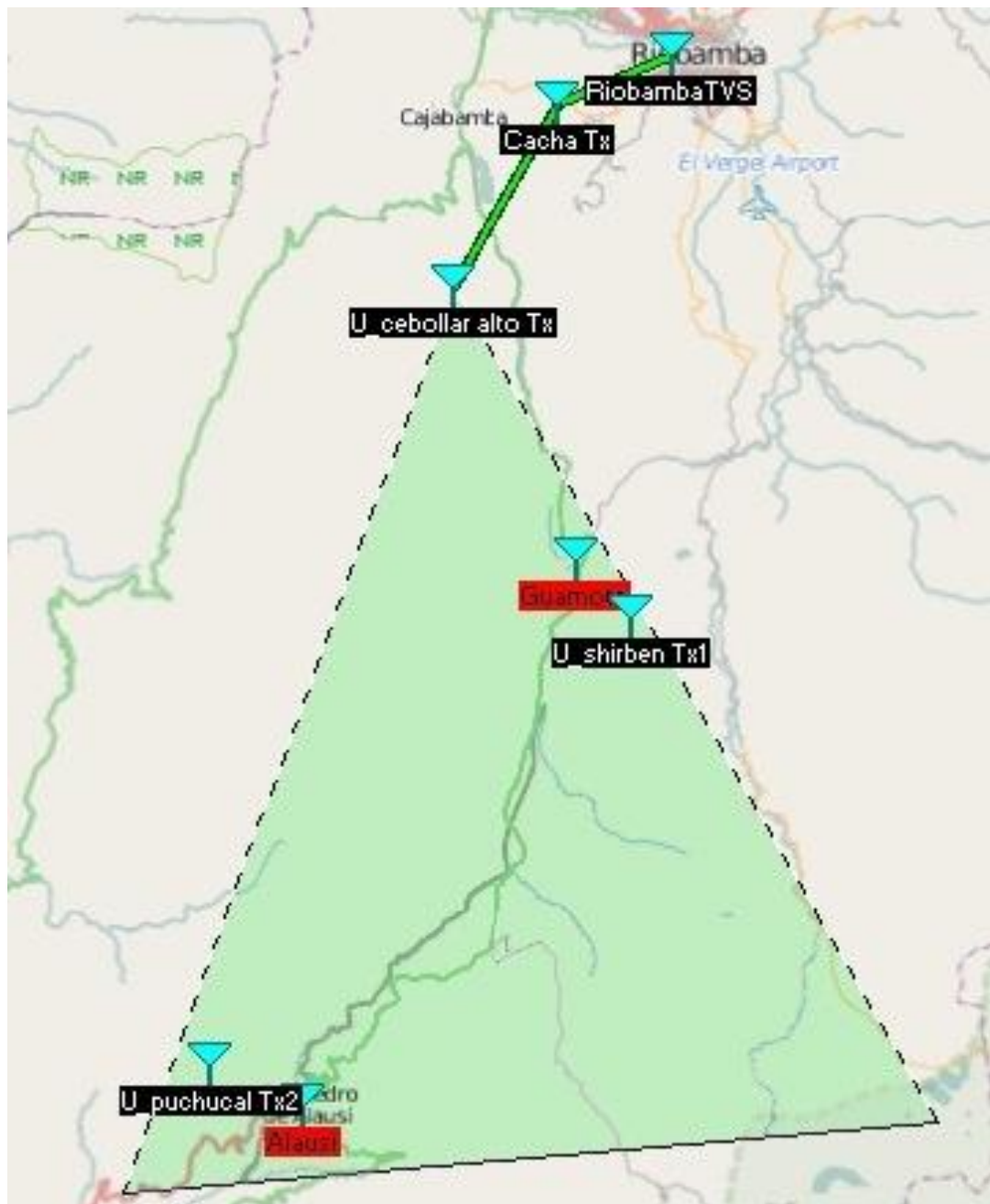
**Figura 3.37.** Propiedades de los parámetros del enlace en VHF

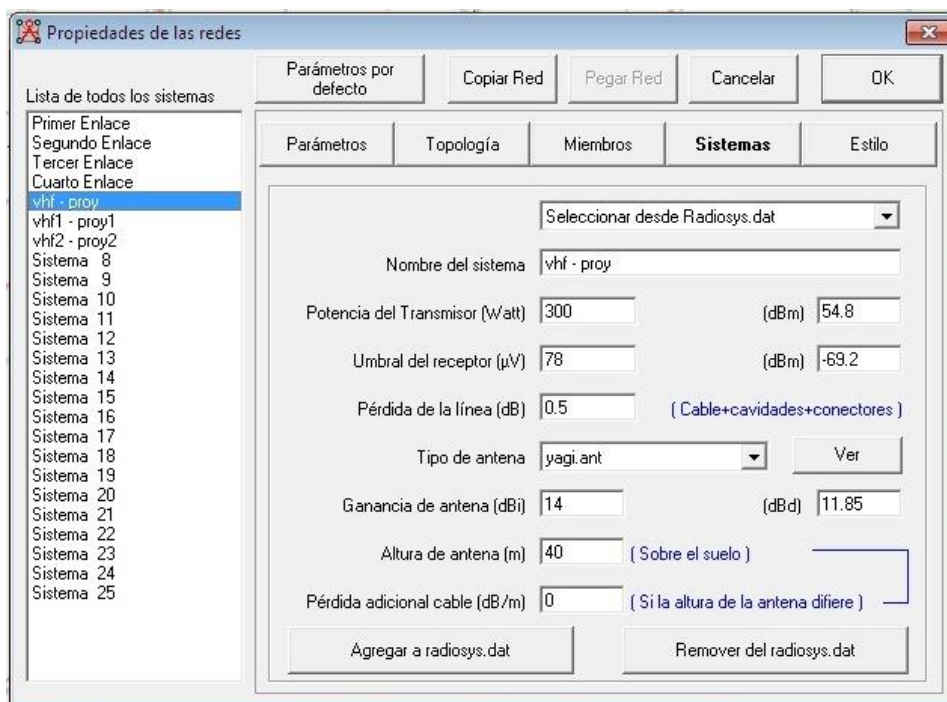
En la figura 3.37. se puede observar los diferentes parámetros en los que está trabajando el radio enlace, con una frecuencia mínima de 76 Mhz y una frecuencia máxima de 82 Mhz en el enlace de microondas, ya que el canal 5 trabaja a esa frecuencia, se escogió dicho canal para transmitir la señal ya que la frecuencia del canal 13 está siendo utilizado por TC Televisión en la ciudad de Alausí.

**Figura 3.38.** Propiedades de los miembros del enlace en VHF

En la figura 3.38. se pueden observar el miembro del radio enlace que es Cebollar Alto Tx como transmisor, que es desde donde se va irradiar la señal de TVS Canal 13 hacia las partes altas de Guamote y Alausí, siendo el patrón de radiación dirigido hacia el Cerro Puchucal.

**Figura 3.39.** Lóbulo de radiación de la antena Tx ubicada en Cebollar Alto hacia la parte alta de Guamote y Alausí



**Figura 3.40.** Propiedades de los sistemas del enlace en VHF

En la figura 3.40. se pueden observar los sistemas del radio enlace, en primer lugar se definió el nombre del sistema como vhf - proy, la potencia del transmisor de 300 Watt (54.8 dBm), un umbral del receptor de 78 uV (-69.2 dBm), una pérdida de línea de 0.5 dB esto incluye el cable, cavidades y conectores en la microonda. La antena a utilizarse es la tipo corner con una ganancia en la antena de 14 dBi (11.85 dBd), esta ganancia permite ganar calidad de recepción en la señal; esta antena se encuentra a una altura de 40m sobre el nivel de piso.

### 3.6.2. SEGUNDA PROPUESTA

En esta propuesta se plantea seguir una ruta diferente a la planteada por el departamento técnico de TVS Canal 13, ya que el CONATEL solo da los permisos de funcionamiento en zonas pobladas y no en zonas donde hay una escasa población.

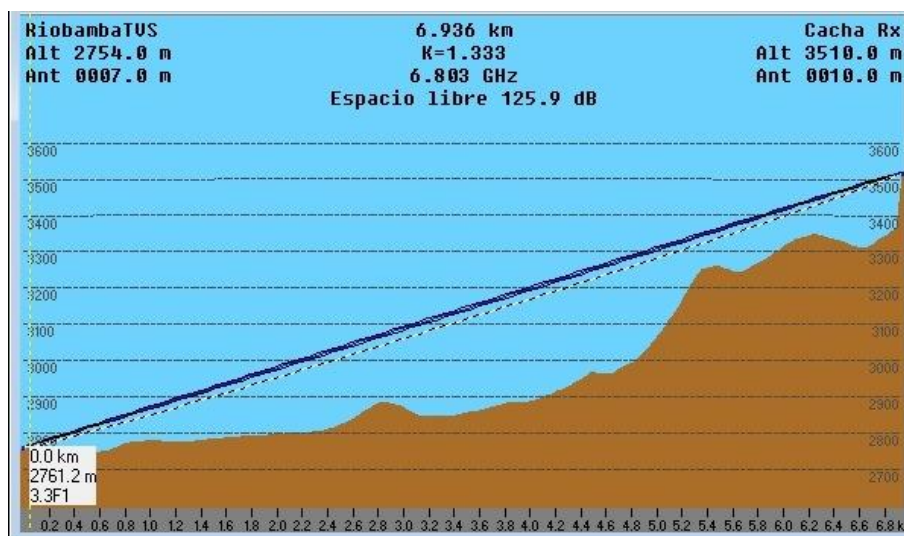
Se plantea seguir un enlace con varios saltos para abarcar la mayor cantidad de población en las ciudades de Guamote y Alausí, comenzando el enlace de microondas desde el Cerro Cacha hasta el Cerro de Cebollar alto y del Cerro de

Cebollar Alto hasta el Cerro Shirben desde donde se emite la señal a la ciudad de Guamote, utilizando el rango de frecuencia en VHF que va desde los 210 Mhz – 216 Mhz (canal 13) y del Cerro Shirben hasta al Cerro Puchucal donde se emite la señal a la ciudad de Alausí utilizando el rango de frecuencia en VHF que va desde los 76 Mhz – 82 Mhz (canal 5), ya que la frecuencia del canal 13 está siendo ocupada por la cadena ecuatoriana de televisión (TC Televisión).

A continuación se van analizar cada una de las rutas a seguir de los radioenlaces así como también la existencia de línea de vista, las alturas a las que se encuentran ubicadas las torres y la distancia entre la antena transmisora y receptora.

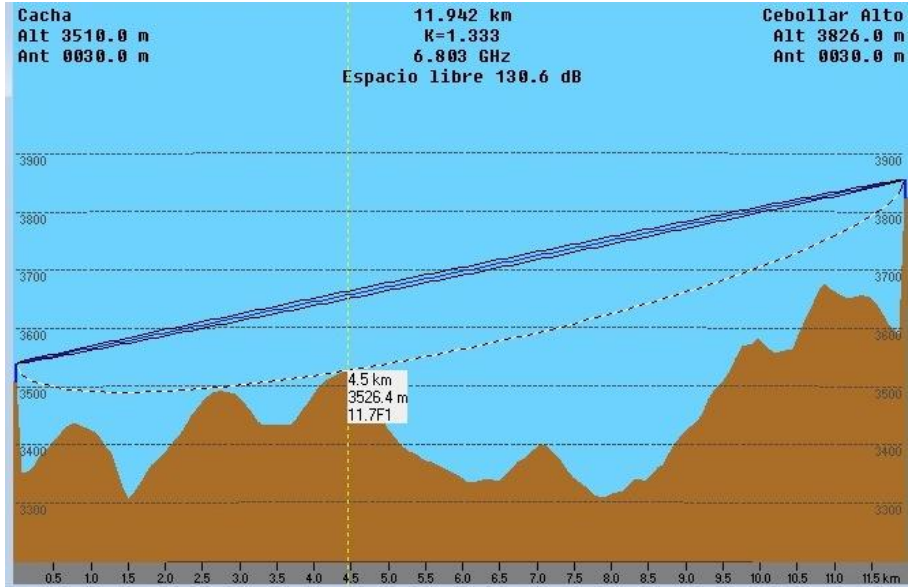
Se escogió la primera ruta debido a que existe línea vista directa entre la antena transmisora que se encuentra en Riobamba 2754 (m) desde donde se emite la señal de TVS al Cerro Cacha que se encuentra ubicado a 3510 (m) sobre el nivel del mar, con una longitud de enlace de 6.9 Km.

**Figura 3.41.** Enlace Riobamba – Cacha



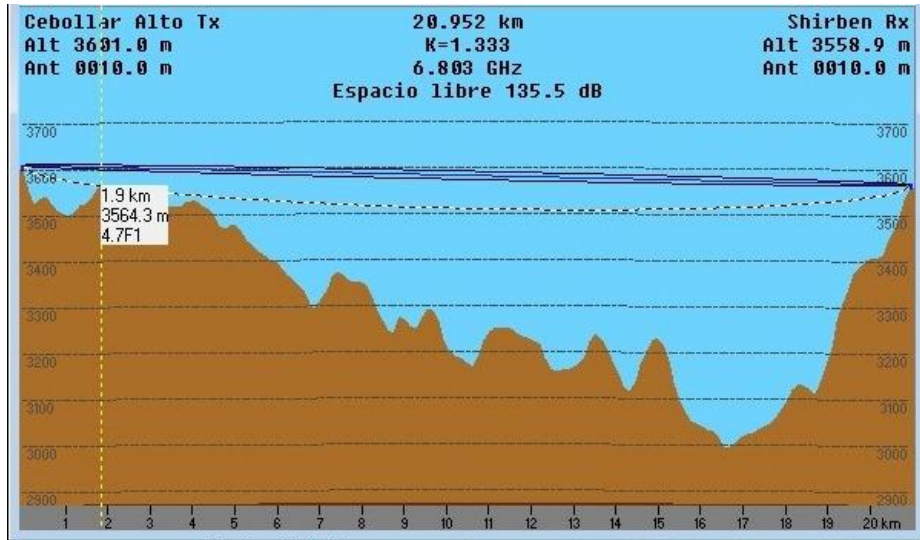
Se escogió la segunda ruta debido a que existe línea vista directa entre el Cerro Cacha que se encuentra ubicado a 3510 (m) sobre el nivel del mar y la Cerro de Cebollar Alto que se encuentra ubicado a 3811 (m) sobre el nivel del mar, con una longitud de enlace de 11.94 Km.

**Figura 3.42.** Enlace Cacha – Cebollar Alto



Se escogió la tercera ruta debido a que existe línea vista directa entre el Cerro de Cebollar Alto que se encuentra ubicado a 3631 (m) sobre el nivel del mar y el Cerro Shirben que se encuentra ubicado a 3559 (m) sobre el nivel del mar, con una longitud de enlace de 20.95 Km.

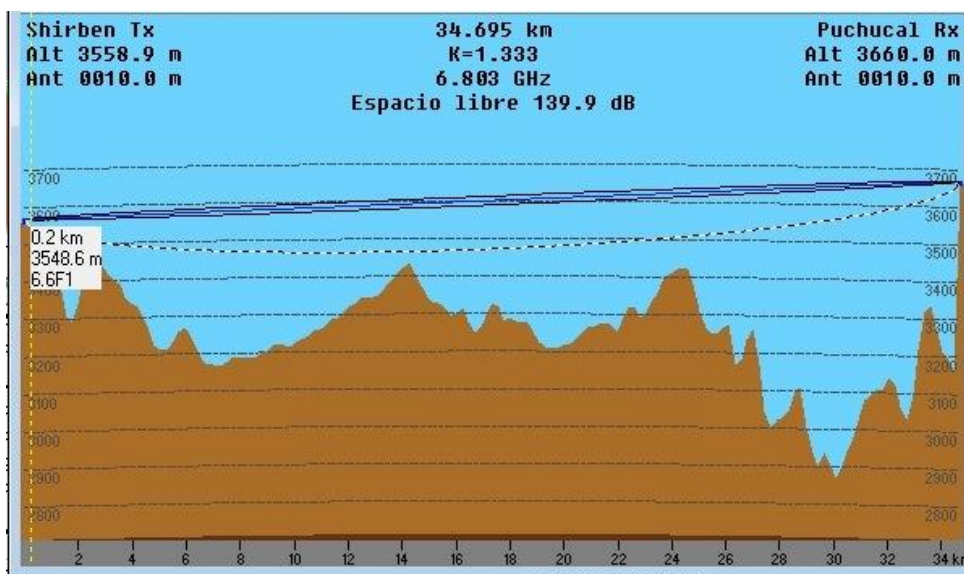
**Figura 3.43.** Enlace Cebollar Alto – Shirben



Se escogió la cuarta ruta debido a que existe línea vista directa entre el Cerro Shirben que se encuentra ubicado a 3559 (m) sobre el nivel del mar y la Cerro de

Puchucal que se encuentra ubicada a 3660 (m) sobre el nivel del mar, con una longitud de enlace de 34.69 Km.

**Figura 3.44.** Enlace Shirben – Puchucal



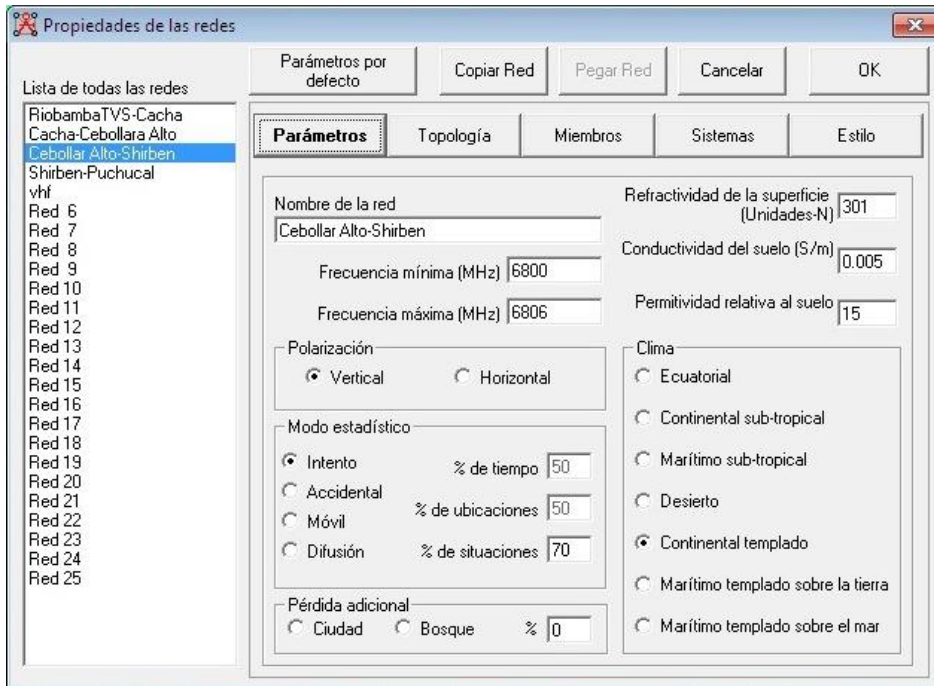
### 3.6.2.1. DISEÑO DEL ENLACE CERRO DE CEBOLLAR ALTO – CERRO SHIRBEN

Antes de realizar el diseño del enlace se tomaron puntos de referencia con la ayuda del GPS, tanto en Cerro de Cebollar Alto así como también en el Cerro Shirben, para saber la información exacta y en base a ello realizar el análisis del radioenlace con la ayuda del programa Radio Mobile 9.4.0.6.

**Tabla 3.8.** Puntos de referencia enlace Cerro de Cebollar Alto Tx – Cerro Shirben Rx

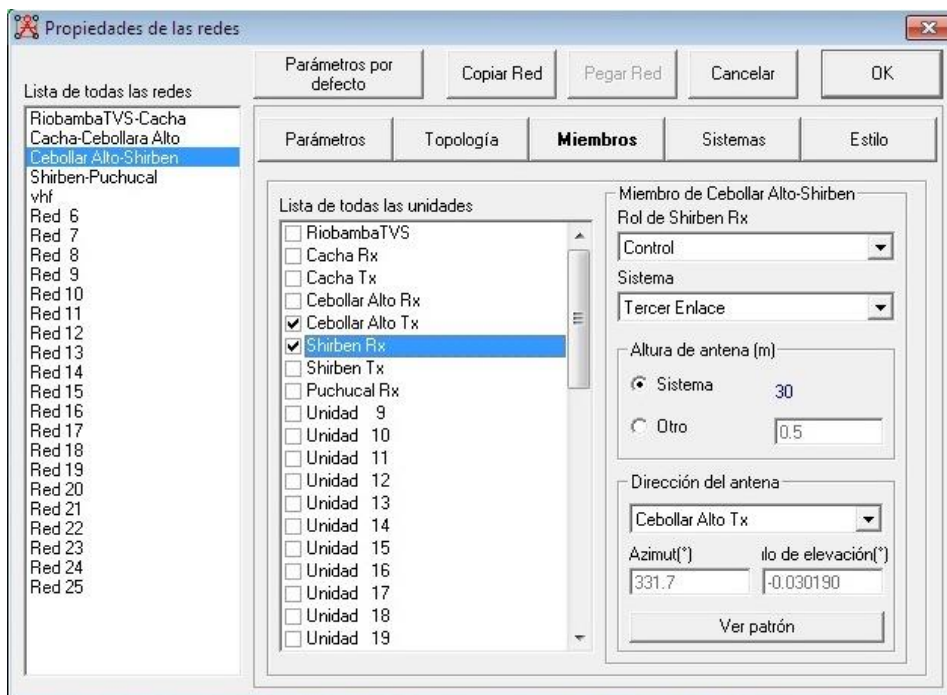
LUGAR	COORDENADAS UTM	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	ALTURA
<b>CERRO DE CEBOLLAR ALTO</b>	Y = 9803065 X = 748010	01° 47' 33.5" (S) 078° 46' 14.4" (O)	3826 (m)
<b>CERRO SHIRBEN</b>	Y = 9784757 X = 757984	01° 57' 29.0" (S) 078° 40' 51.0" (O)	3559 (m)

**Figura 3.45.** Propiedades de los parámetros del enlace



En la figura 3.45. se puede observar los diferentes parámetros en los que está trabajando el radio enlace, con una frecuencia mínima de 6800 Mhz y una frecuencia máxima de 6806 Mhz en el enlace de microondas.

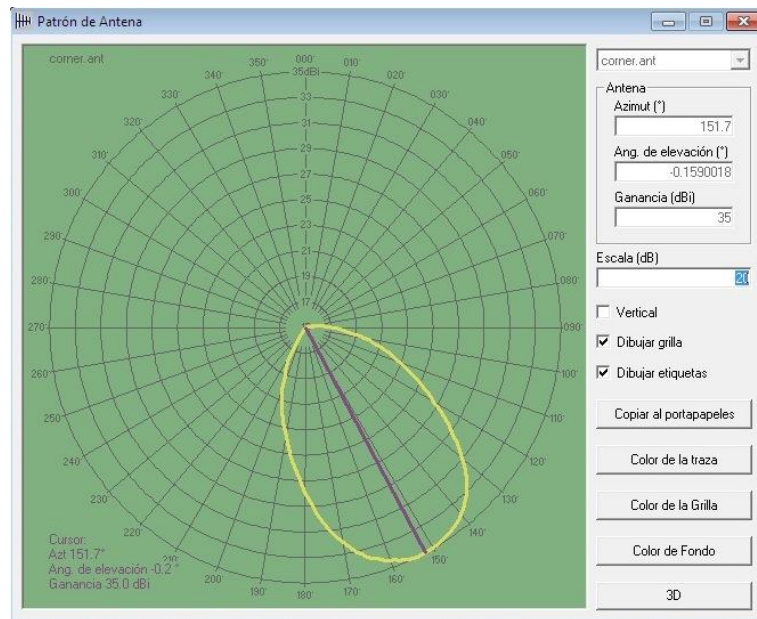
**Figura 3.46.** Propiedades de los miembros del enlace



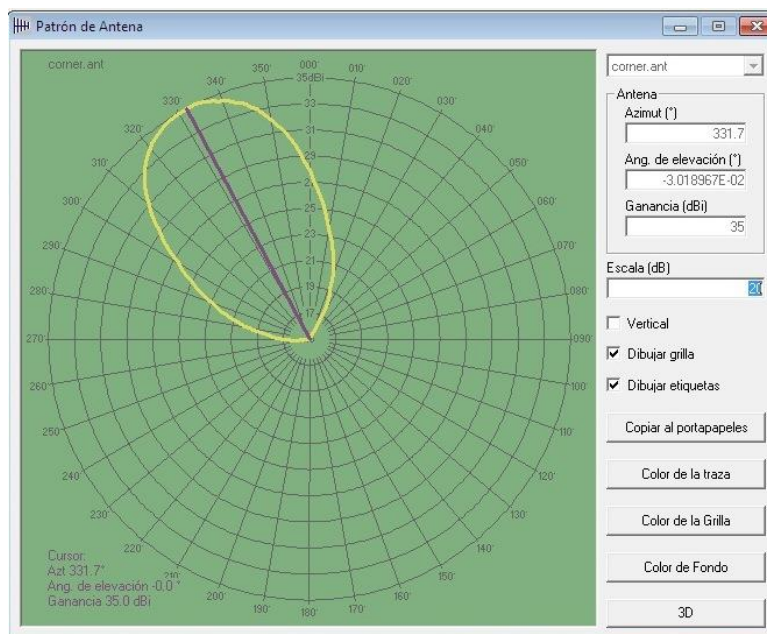


En la figura 3.46. se pueden observar los miembros del radio enlace que son Cebollar Alto Tx como transmisor y Shirben Rx como receptor, así como también podemos observar el patrón de radiación Cebollar Alto Tx con un ángulo de azimut de  $151.7^\circ$  y un ángulo de elevación de  $-0.15^\circ$ , así como también de Shirben Rx con un ángulo de azimut de  $331.7^\circ$  y un ángulo de elevación de  $-0.03^\circ$ .

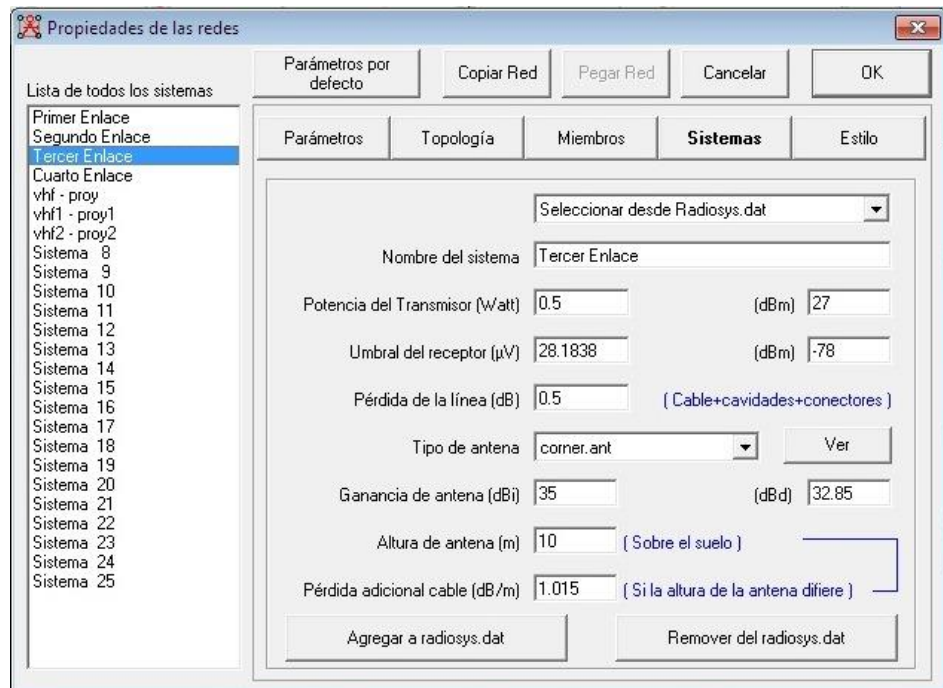
**Figura 3.47.** Patrón de radiación de la antena Cebollar Alto Tx



**Figura 3.48.** Patrón de radiación de la antena Shirben Rx



**Figura 3.49.** Propiedades de los sistemas del enlace



En la figura 3.49. se pueden observar los sistemas del radio enlace, en primer lugar se definió el nombre del sistema como Tercer Enlace, la potencia del transmisor de 0.5 Watt (27 dBm), un umbral del receptor de 28.18 uV (-78 dBm), una pérdida de línea de 0.5 dB esto incluye el cable, cavidades y conectores en la microonda. La antena a utilizarse es la tipo corner con una ganancia en la antena de 35 dBi (32.85 dBd), esta ganancia permite ganar calidad de recepción en la señal; esta antena se encuentra a una altura de 10m sobre el nivel de piso y con una pérdida adicional del cable de 1.015 (dB/m).

**Figura 3.50.** Detalle del radioenlace Cebollar Alto Tx – Shirben Rx

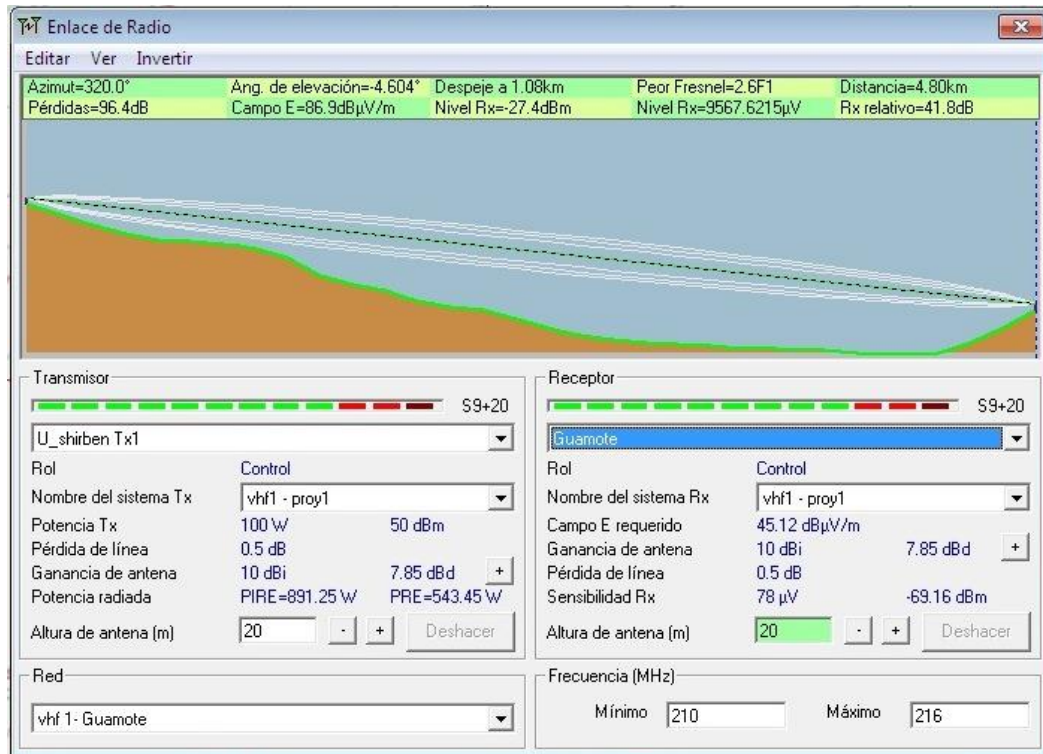


Como se observa en la figura 3.50. se muestran los datos ingresados con los diferentes parámetros con los que va trabajar el radio enlace, para garantizar una excelente señal tanto al transmitir como al recibir la señal, dando como resultado el gráfico de la topografía del terreno y la zona de Fresnel.

**Figura 3.51.** Lóbulo de radiación de la antena Tx ubicada en el Cerro Shirben para irradiar la señal de TVS a Guamote



**Figura 3.52.** Detalle del radio enlace Shirben Tx – Guamote



**Figura 3.53.** Vista desde el Cerro de Cebollar Shirben



### 3.6.2.2. DISEÑO DEL ENLACE CERRO SHIRBEN – CERRO PUCHUCAL

Antes de realizar el diseño del enlace se tomaron puntos de referencia con la ayuda del GPS, tanto en Cerro Shirben así como también en el Cerro Puchucal, para saber la información exacta y en base a ello realizar el análisis del radio enlace con la ayuda del programa Radio Mobile 9.4.0.6.

**Tabla 3.9.** Puntos de referencia enlace Cerro Shirben Tx – Cerro Puchucal Rx

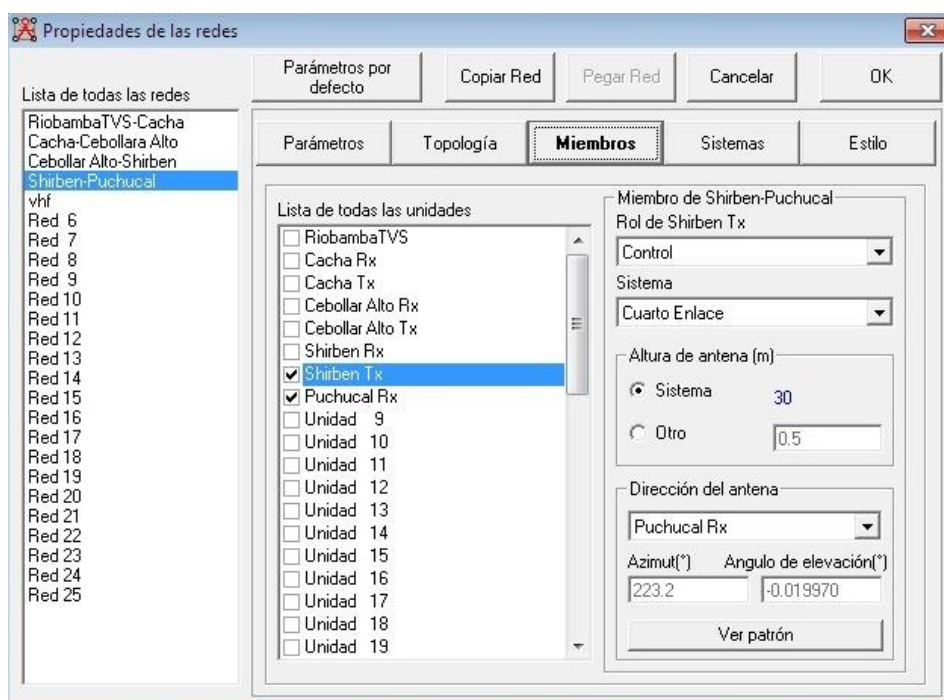
LUGAR	COORDENADAS UTM	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	ALTURA
<b>CERRO SHIRBEN</b>	Y = 9784757 X = 757984	01° 57' 29.0" (S) 078° 40' 51.0" (O)	3559 (m)
<b>CERRO PUCHUCAL</b>	Y = 9759910 X = 734236	01° 47' 33.5" (S) 078° 46' 14.4" (O)	3660 (m)

**Figura 3.54.** Propiedades de los parámetros del enlace

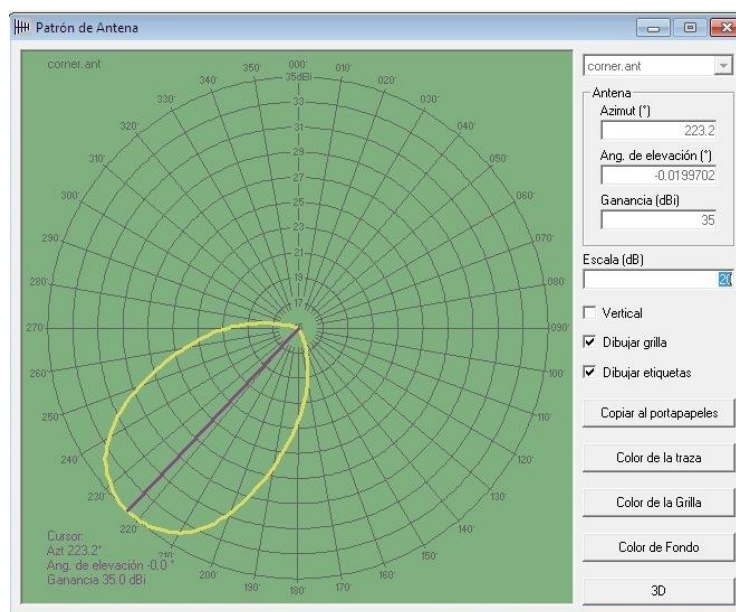
The screenshot shows the 'Propiedades de las redes' window with the following settings for the 'Shirben-Puchucal' network:

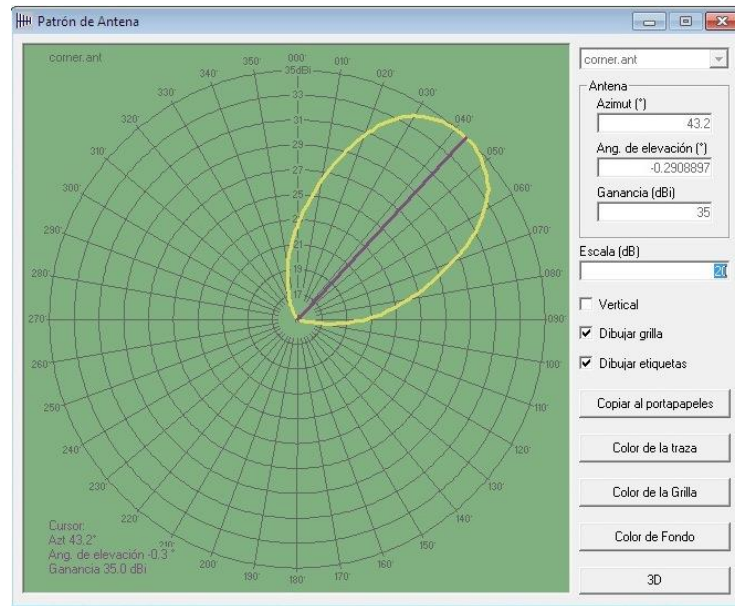
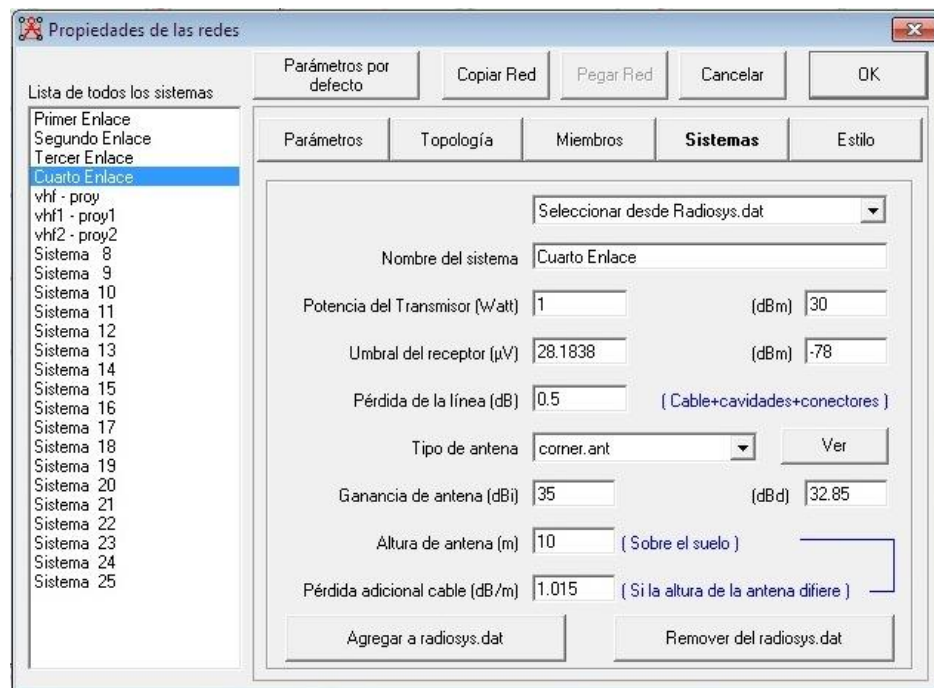
- Nombre de la red: Shirben-Puchucal
- Frecuencia mínima (MHz): 6800
- Frecuencia máxima (MHz): 6806
- Refractividad de la superficie (Unidades-N): 301
- Conductividad del suelo (S/m): 0.005
- Permitividad relativa al suelo: 15
- Polarización:  Vertical,  Horizontal
- Modo estadístico:  Intento (% de tiempo: 50),  Accidental (% de ubicaciones: 50),  Móvil (% de situaciones: 70),  Difusión (% de situaciones: 70)
- Pérdida adicional:  Ciudad,  Bosque (%: 0)
- Clima:  Ecuatorial,  Continental sub-tropical,  Marítimo sub-tropical,  Desierto,  Continental templado,  Marítimo templado sobre la tierra,  Marítimo templado sobre el mar

En la figura 3.54. se puede observar los diferentes parámetros en los que está trabajando el radio enlace, con una frecuencia mínima de 6800 Mhz y una frecuencia máxima de 6806 Mhz en el enlace de microondas.

**Figura 3.55.** Propiedades de los miembros del enlace

En la figura 3.55. se pueden observar los miembros del radio enlace que son Shirben Tx como transmisor y Puchucal Rx como receptor, así como también podemos observar el patrón de radiación Shirben Tx con un ángulo de azimut de 223.2° y un ángulo de elevación de -0.02°, así como también de Puchucal Rx con un ángulo de azimut de 43.2° y un ángulo de elevación de -0.29°.

**Figura 3.56.** Patrón de radiación de la antena Shirben Tx

**Figura 3.57.** Patrón de radiación de la antena Puchucal Rx**Figura 3.58.** Propiedades de los sistemas del enlace

En la figura 3.58 se pueden observar los sistemas del radio enlace, en primer lugar se definió el nombre del sistema como Cuarto Enlace, la potencia del transmisor de 1 Watt (30 dBm), un umbral del receptor de 28.18 uV (-78 dBm), una pérdida de línea de 0.5 dB esto incluye el cable, cavidades y conectores en la microonda. La antena a utilizarse es la tipo corner con una ganancia en la antena de 35 dBi

(32.85 dBd), esta ganancia permite ganar calidad de recepción en la señal; esta antena se encuentra a una altura de 10m sobre el nivel de piso y con una pérdida adicional del cable de 1.015 (dB/m).

**Figura 3.59.** Detalle del radio enlace Shirben Tx – Puchucal Rx



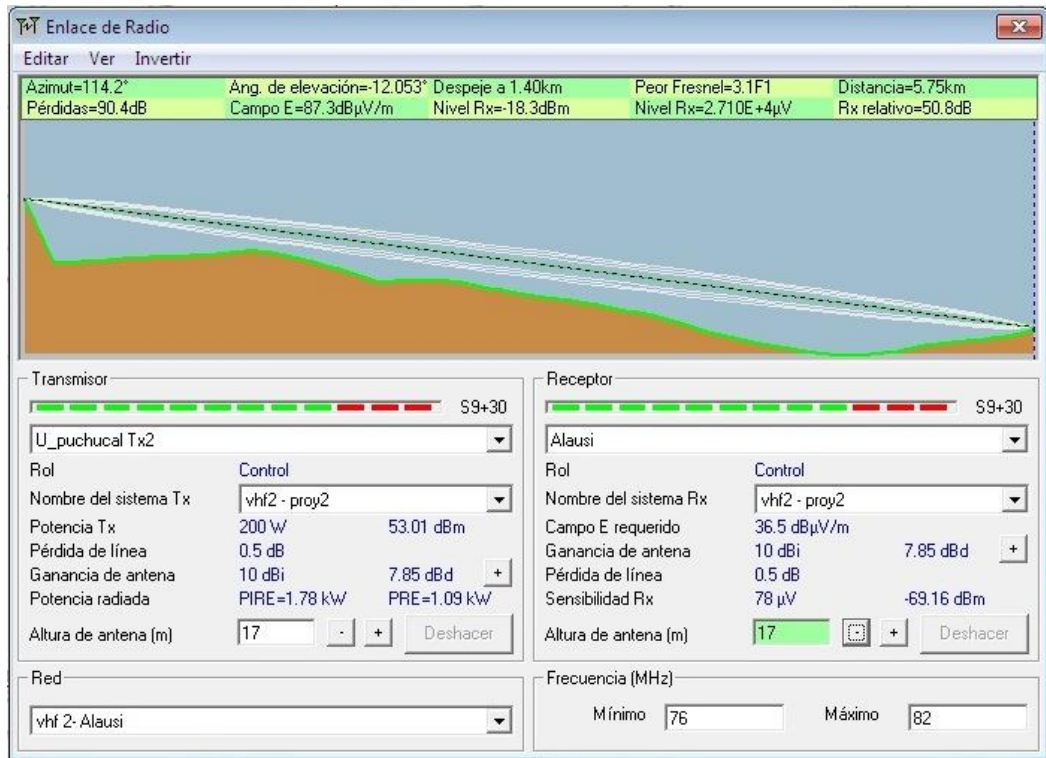
Como se observa en la figura 3.59. se muestran los datos ingresados con los diferentes parámetros con los que va trabajar el radio enlace, para garantizar una excelente señal tanto al transmitir como al recibir la señal, dando como resultado el gráfico de la topografía del terreno y la zona de Fresnel.

**Figura 3.60.** Lóbulo de radiación de la antena Tx ubicada en el Cerro Puchucal para irradiar la señal de TVS a Alausí





**Figura 3.61.** Detalle del radio enlace Puchucal Tx – Alausi



**Figura 3.62.** Vista de las antenas del Cerro Puchucal



**Tabla 3.10.** Intensidad de campo eléctrico para Guamote y Alausí

GUAMOTE			ALAUŚÍ		
Potencia(W)	Distancia(Km)	Intensidad de Campo Electrico (dBuV/m)	Potencia(W)	Distancia(Km)	Intensidad de Campo Electrico (dBuV/m)
100	2	88.78	200	3	88.27
100	4	82.76	200	6	82.25
100	6	79.24	200	9	78.73
100	8	76.74	200	12	76.23
100	10	74.80	200	15	74.29
100	12	73.22	200	18	72.70
100	14	71.88	200	21	71.37
100	16	70.72	200	24	70.21
100	18	69.69	200	27	69.18
100	20	68.78	200	30	68.27
100	22	67.95	200	33	67.44
100	24	67.20	200	41	65.55
100	26	66.50	200	49	64.01
100	28	65.86	200	57	62.69
100	30	65.26	200	65	61.55
100	32	64.70	200	73	60.54
100	34	64.17	200	81	59.64
100	36	63.67	200	89	58.82
100	38	63.20	200	97	58.07
100	40	62.76	200	105	57.39
100	42	62.34	200	113	56.75
100	44	61.93	200	121	56.15
100	46	61.54	200	129	55.60
100	48	61.18	200	137	55.08
100	50	60.82	200	145	54.58
100	52	60.48	200	153	54.12
100	54	60.15	200	161	53.67
100	68	58.15	200	217	51.08
100	70	57.90	200	225	50.77
100	72	57.65	200	233	50.46
100	74	57.42	200	241	50.17
100	76	57.18	200	249	49.89
100	78	56.96	200	257	49.61
100	80	56.74	200	265	49.35
100	82	56.52	200	273	49.09
100	84	56.31	200	281	48.84
100	86	56.11	200	310	47.98

## **CAPITULO IV**

### **4.0. RESULTADOS**

En la siguiente sección se van analizar los resultados de cada una de las propuestas; en cuanto se refiere a la primera propuesta se analizó el diseño del radio enlace de microonda Cacha - Cebollar Alto para llevar la señal de TVS canal 13 hacia la parte alta de Guamote y Alausí, así como también el área de cobertura de la señal en VHF; al hablar de la segunda propuesta se va analizar el diseño de radio enlace en varios tramos Cacha - Cebollar Alto, Cebollar Alto – Shirben, Shirben – Puchucal, este diseño me va permitir hacer los saltos que sean necesarios para llevar la señal de TVS canal 13 no solo a las partes altas sino tratar de abarcar la mayor cantidad de población de las ciudades de Guamote y Alausí ya que aparte de ello el CONATEL solo concesiona la frecuencia si la señal que se va emitir abarca un gran conglomerado urbano.

#### **4.1. PROPUESTA DE PROYECTO CON TVS CANAL 13**

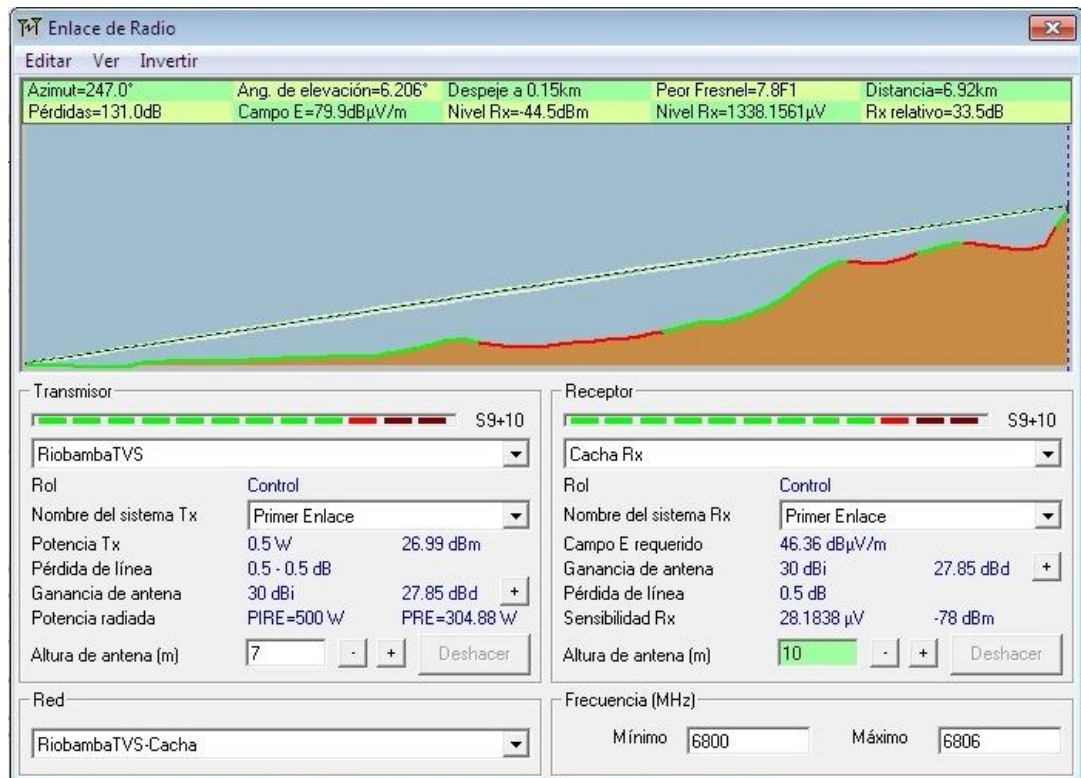
Se acordó con la empresa televisiva TVS Canal 13 para la realización de este estudio, en el mismo se va tomar la señal de audio y video de TVS desde el Cerro Cacha hasta el Cerro de Cebollar Alto, donde se emitirá la señal en VHF para la parte alta de Guamote y Alausí.

#### **4.2. RESULTADOS DE LA PRIMERA PROPUESTA**

Al analizar los resultados, se va demostrar técnicamente que no se puede irradiar la señal desde el Cerro de Cebollar Alto hacia la parte alta de Alausí ya que la primera zona de fresnel se encuentra obstruida por la geografía del sector; en cuanto se refiere a la parte alta de Guamote la señal si puede va llegar como se puede observar en la fig. 3.39.

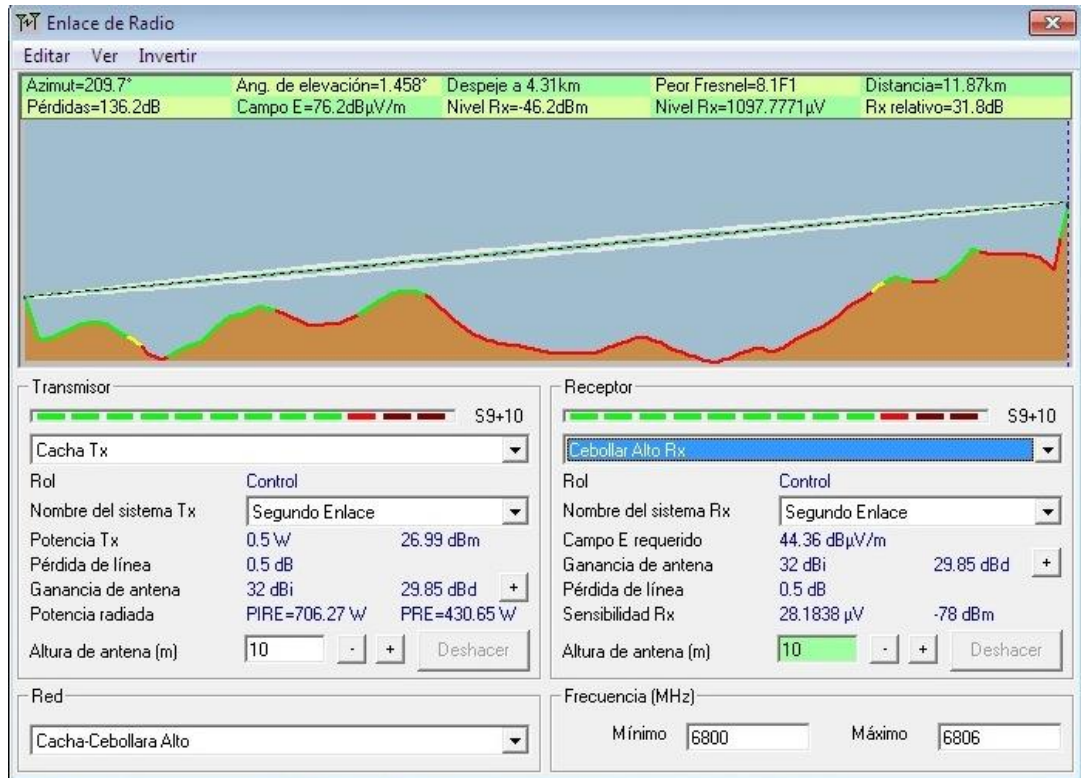
Se va trabajar en el rango de frecuencia en VHF, que va desde los 76 Mhz – 82 Mhz (canal 5), ya que la frecuencia del canal 13 está siendo ocupada por la cadena ecuatoriana de televisión (TC Televisión) en la ciudad de Alausí, por ese motivo se utiliza la frecuencia del canal 5.

**Figura 4.1.** Resultado del radio enlace Riobamba TVS – Cacha Rx



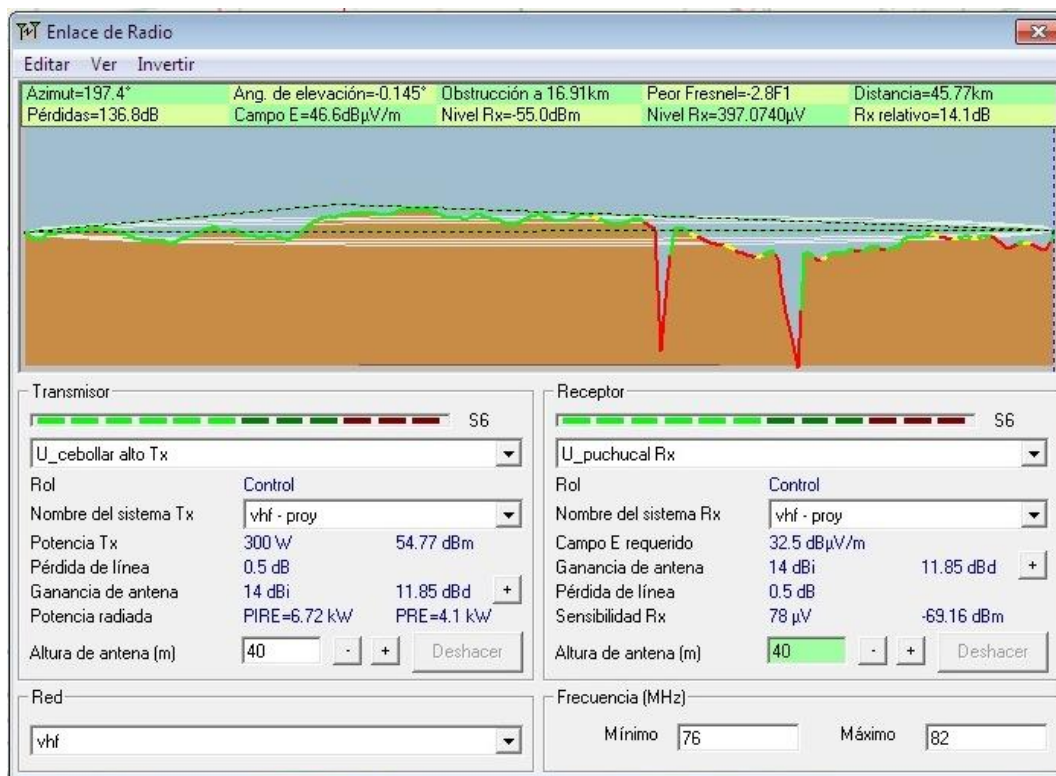
Como se observa en la figura 4.1. se muestran los datos ingresados con los diferentes parámetros con los que va trabajar el radio enlace, siendo la zona de fresnel 7.8F1 pudiéndose apreciar que no hay ningún obstáculo en la geografía del sector por lo que la señal puede dirigirse libremente hacia el cerro Cacha, el nivel de recepción de la señal de microondas es de - 44.5 dBm, lo que garantiza que el enlace está en excelentes condiciones.

**Figura 4.2.** Resultado del radio enlace Cacha Tx – Cebollar Alto Rx



Como se observa en la figura 4.2. se muestran los datos ingresados con los diferentes parámetros con los que va trabajar el radio enlace, siendo la zona de fresnel 8.1F1 pudiéndose apreciar que no hay ningún obstáculo en la geografía del sector por lo que la señal puede dirigirse libremente hacia el cerro de cebollar alto, el nivel de recepción de la señal de microondas es de - 46.2 dBm, lo que garantiza que el enlace está en excelentes condiciones.

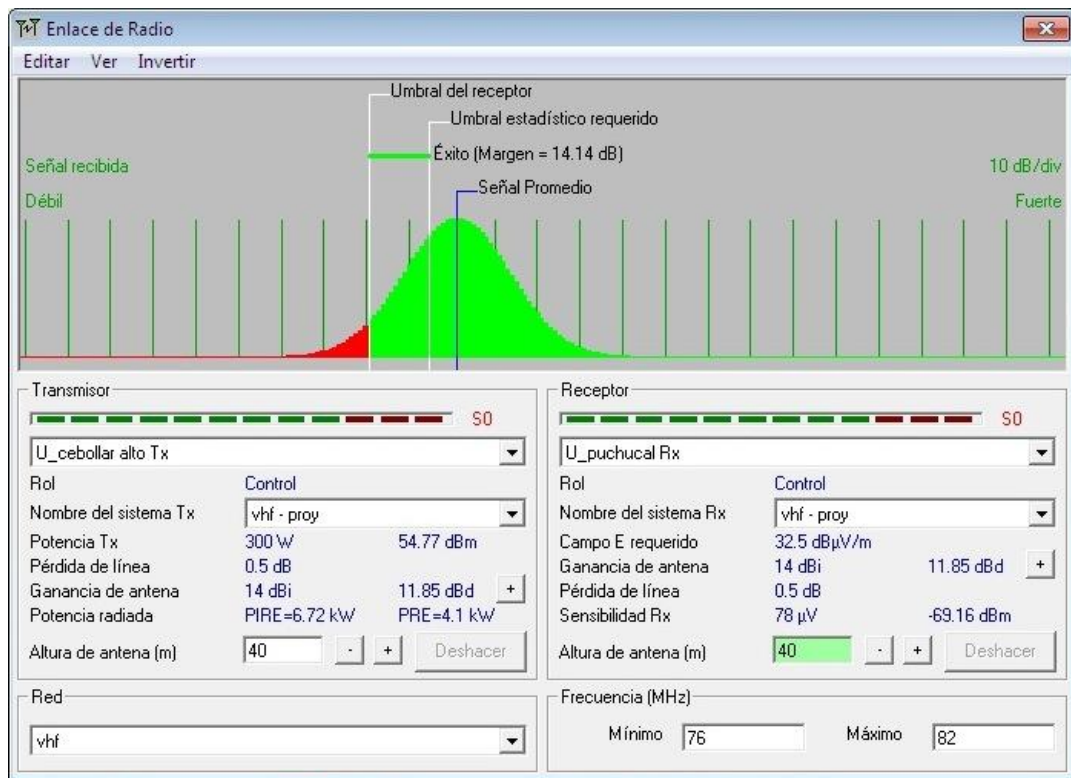
**Figura 4.3.** Transmisión en VHF desde Cebollar Alto a la parte alta de Guamote y Alausí



Como se observa en la figura 4.3. se muestran los resultados de la primera propuesta, siendo la zona de fresnel – 2.8F1 pudiéndose apreciar que la primera zona de fresnel es negativa, lo que quiere decir que hay algún obstáculo en la geografía del sector por lo que la señal no puede dirigirse libremente hacia la parte alta de Alausí, a su vez no cumple con las normas establecidas en el valor de intensidad de campo eléctrico, lo que quiere decir que no es factible la implementación de esta propuesta específicamente al irradiar la señal de VHF en las zonas altas establecidas en el estudio.

Esto indica que la primera propuesta planteada por el departamento técnico de TVS no es factible en la parte Alta de Alausí, pero en la parte Alta de Guamote sí se lo puede realizar, teniendo un margen de desvanecimiento en dicho enlace de 14.14 dB lo que corresponde a un porcentaje de confiabilidad del 94%.

**Figura 4.4.** Margen de Desvanecimiento en la transmisión Cebollar Alto – Parte alta de Guamote y Alausí



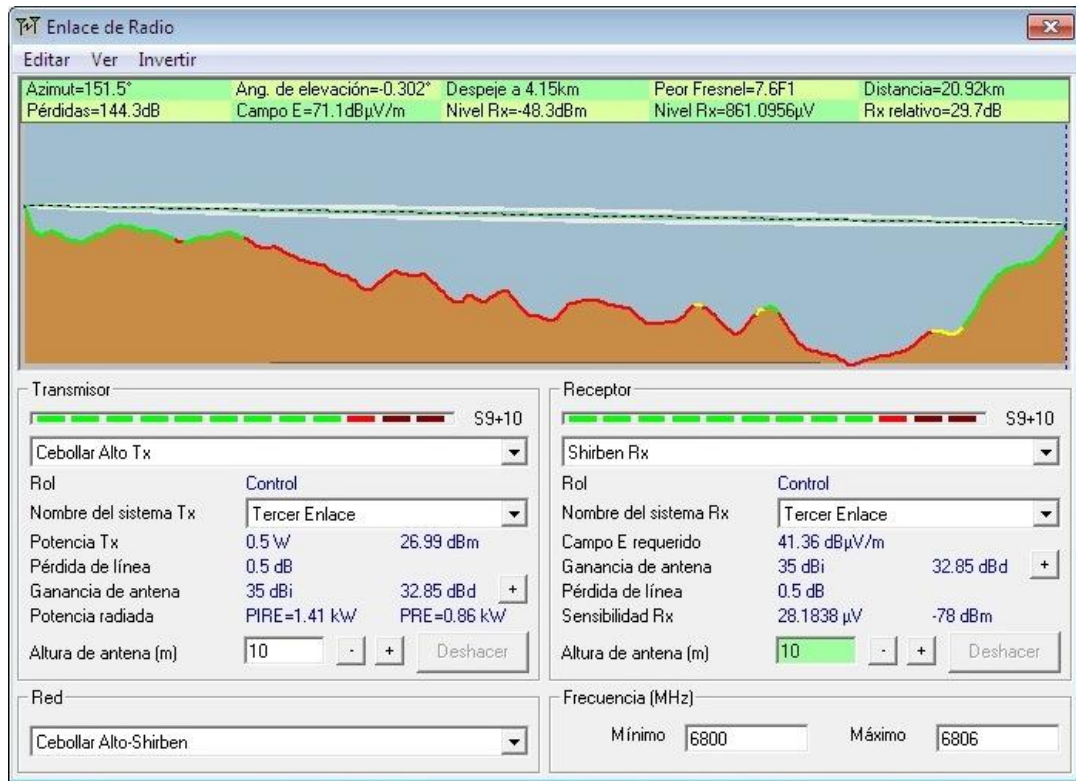
### 4.3. RESULTADOS DE LA SEGUNDA PROPUESTA

En esta propuesta se plantea seguir una ruta con varios saltos y no solo un salto como la planteada por el departamento técnico de TVS Canal 13; hay que tener en cuenta que el CONATEL solo da los permisos de funcionamiento en zonas pobladas y no en zonas donde hay una escasa población.

Al realizar varios saltos se plantea abarcar la mayor cantidad de población en las ciudades de Guamote y Alausí, comenzando el enlace de microondas desde el Cerro Cacha hasta el Cerro de Cebollar alto y del Cerro de Cebollar Alto hasta el Cerro Shirben desde donde se emitirá la señal a la ciudad de Guamote, utilizando el rango de frecuencia en VHF que va desde los 210 Mhz – 216 Mhz (canal 13) y del Cerro Shirben hasta al Cerro Puchucal donde se emitirá la señal a la ciudad de Alausí utilizando el rango de frecuencia en VHF que va desde los 76 Mhz – 82

Mhz (canal 5), ya que la frecuencia del canal 13 está siendo ocupada por la cadena ecuatoriana de televisión (TC Televisión).

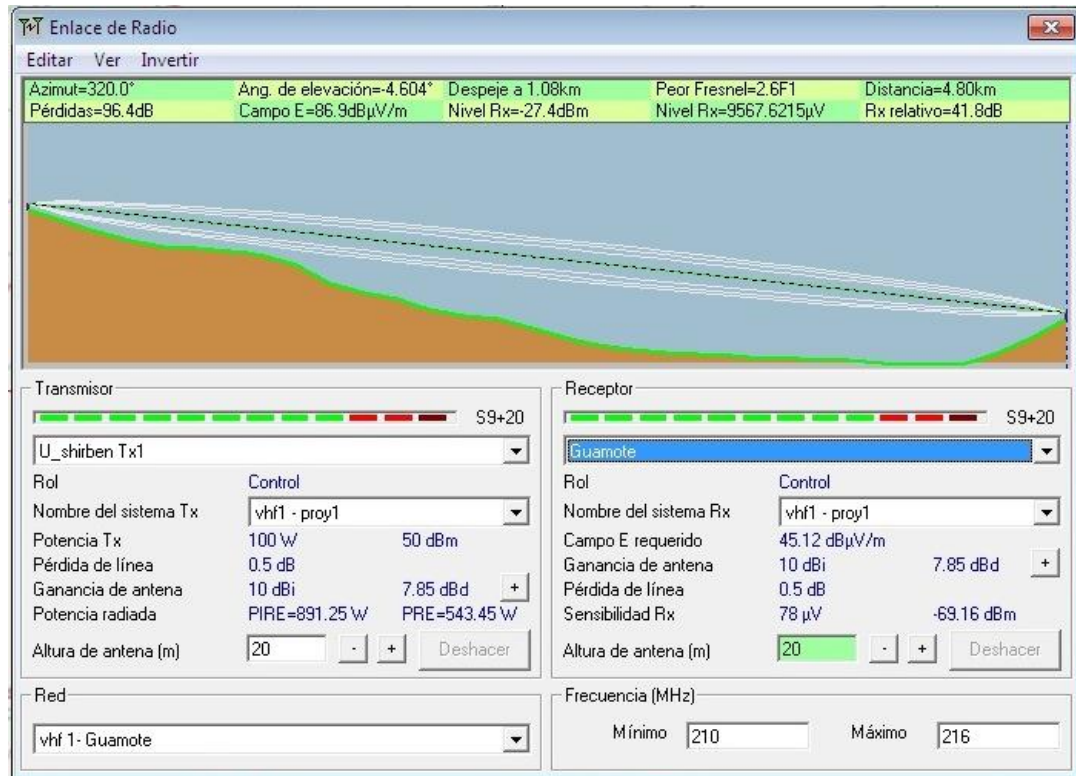
**Figura 4.5.** Resultado del radio enlace Cebollar Alto Tx – Shirben Rx



Como se observa en la figura 4.5. se muestran los datos ingresados con los diferentes parámetros con los que va trabajar el radio enlace, siendo la zona de fresnel 7.6F1 pudiéndose apreciar que no hay ningún obstáculo en la geografía del sector por lo que la señal puede dirigirse libremente hacia el cerro Shirben, el nivel de recepción de la señal de microondas es de - 48.3 dBm, lo que garantiza que el enlace está en excelentes condiciones.



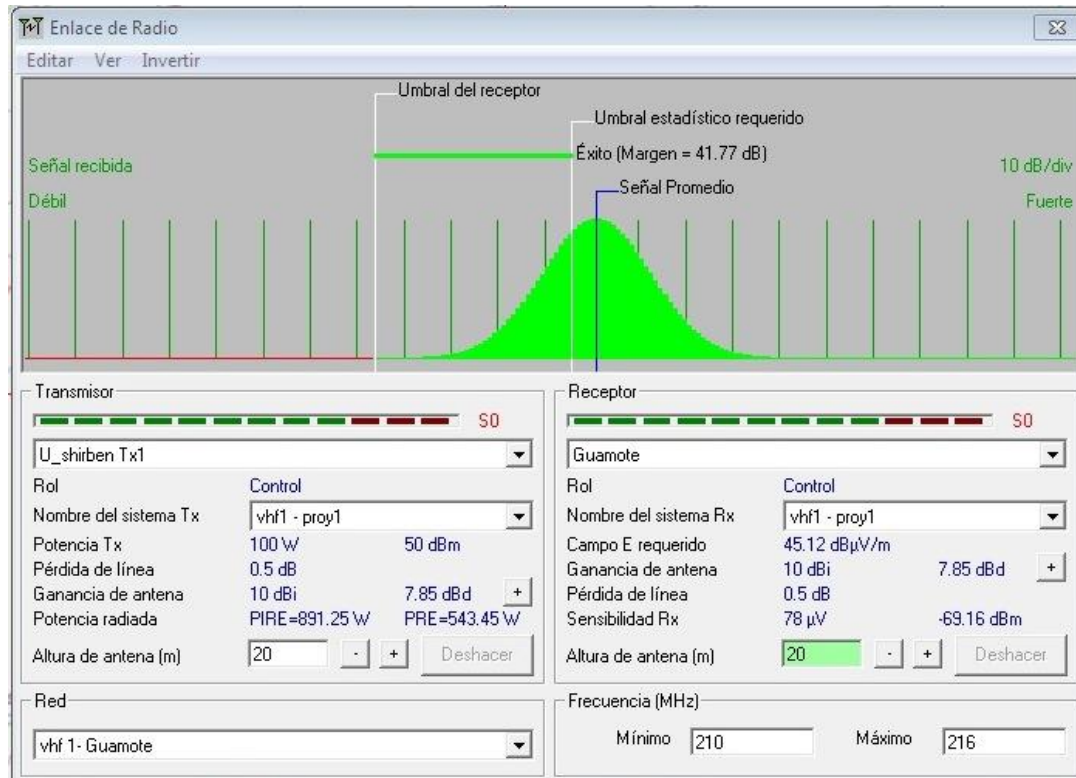
**Figura 4.6.** Transmisión en VHF desde el Cerro Shirben a Guamote



Como se observa en la figura 4.6. se muestran los resultados de la segunda propuesta, siendo la zona de fresnel 2.6F1 pudiéndose apreciar que la primera zona de fresnel es positiva, lo que quiere decir que no hay algún obstáculo en la geografía del sector por lo que la señal se puede irradiar libremente hacia Guamote, a su vez cumple con las normas establecidas en el valor de intensidad de campo eléctrico, cubriendo tanto el área de cobertura principal como el área de cobertura secundaria según las normas establecidas por el CONATEL, lo que quiere decir que es factible la implementación de esta propuesta específicamente al irradiar la señal de VHF en canal 13 a Guamote.

Esto indica que la segunda propuesta planteada por el autor del estudio es factible para la ciudad de Guamote, teniendo un margen de desvanecimiento en dicho enlace de 41.77 dB lo que corresponde a un porcentaje de confiabilidad del 99.99%.

**Figura 4.7.** Margen de Desvanecimiento en la transmisión Shirben – Guamote

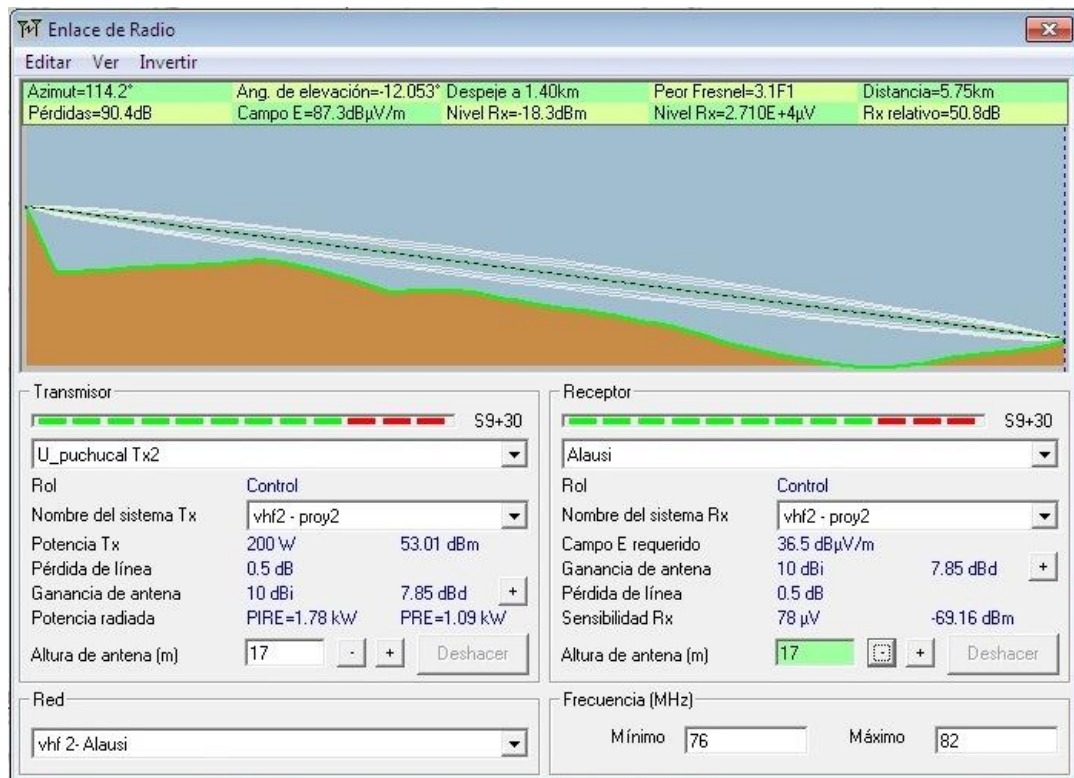


**Figura 4.8.** Resultado del radio enlace Shirben Tx – Puchucal Rx



Como se observa en la figura 4.8. se muestran los datos ingresados con los diferentes parámetros con los que va trabajar el radio enlace, siendo la zona de fresnel 6.6F1 pudiéndose apreciar que no hay ningún obstáculo en la geografía del sector por lo que la señal puede dirigirse libremente hacia el cerro puchucal, el nivel de recepción de la señal de microondas es de - 46.8 dBm, lo que garantiza que el enlace está en excelentes condiciones.

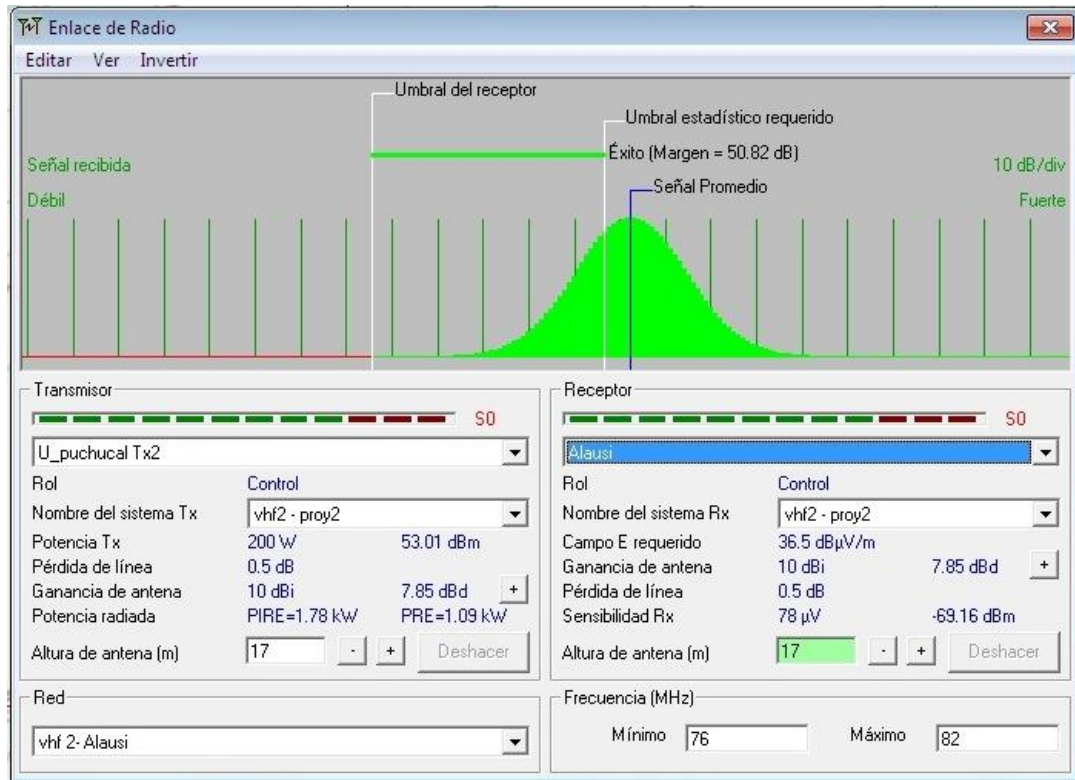
**Figura 4.9.** Transmisión en VHF desde el Cerro Puchucal a Alausí



Como se observa en la figura 4.9. se muestran los resultados de la segunda propuesta, siendo la zona de fresnel 3.1F1 pudiéndose apreciar que la primera zona de fresnel es positiva, lo que quiere decir que no ningún obstáculo en la geografía del sector por lo que la señal se puede irradiar libremente hacia Alausí, a su vez cumple con las normas establecidas en el valor de intensidad de campo eléctrico, cubriendo tanto el área de cobertura principal como el área de cobertura secundaria según las normas establecidas por el CONATEL, lo que quiere decir que es factible la implementación de esta propuesta específicamente al irradiar la señal de VHF en canal 5 a Alausí.

Esto indica que la segunda propuesta planteada por el autor del estudio es factible para la ciudad de Alausí, teniendo un margen de desvanecimiento en dicho enlace de 50.82 dB lo que corresponde a un porcentaje de confiabilidad del 99.99%.

**Figura 4.10.** Margen de Desvanecimiento en la transmisión Puchucal – Alausí



**Tabla 4.1.** Resultados primera propuesta

<b>PRIMERA PROPUESTA</b>	
<b>Enlace Cebollar Alto - Parte Alta de Guamote y Alausí</b>	
Frecuencia (76 Mhz - 82 Mhz) - Canal 5	
PIRE	6.72 KW
PRE	4.1 KW
Campo Eléctrico	46.6 dBuV/m
Distancia	45.77 Km
Azimut	197.4°
Potencia Tx	300 W
Ganancia Antena	14 dBi
Altura Antena	40 m
Margen de Desvanecimiento	14.4 dB (94 %)

**Tabla 4.2.** Resultados segunda propuesta enlace Shirben – Guamote

<b>SEGUNDA PROPUESTA</b>	
<b>Enlace Shirben - Guamote</b>	
Frecuencia (210 Mhz - 216 Mhz) - Canal 13	
PIRE	891.25 W
PRE	543.45 W
Campo Eléctrico	86.9 dBuV/m
Distancia	4.8 Km
Azimut	320°
Potencia Tx	100 W
Ganancia Antena	10 dBi
Altura Antena	20 m
Margen de Desvanecimiento	41.77 dB (99.99 %)

**Tabla 4.3.** Resultados segunda propuesta enlace Puchucal – Alausí

<b>SEGUNDA PROPUESTA</b>	
<b>Enlace Puchucal - Alausí</b>	
Frecuencia (76 Mhz - 82 Mhz) - Canal 5	
PIRE	1.78 KW
PRE	1.09 KW
Campo Eléctrico	87.3 dBuV/m
Distancia	5.75 Km
Azimut	114.2°
Potencia Tx	200 W
Ganancia Antena	10 dBi
Altura Antena	17 m
Margen de Desvanecimiento	50.82 dB (99.95 %)

## **CAPITULO V**

### **5.0. DISCUSIÓN**

En este aspecto se va exponer lo acordado con la empresa televisiva TVS Canal 13, así como también cada una de las propuestas planteadas para una correcta implementación del estudio planteado; también se va analizar cuál de las propuestas es la más óptima y la que se recomienda para la aplicación por parte de la empresa.

Se acordó con la empresa televisiva la realización de un diseño para un enlace de microonda en el sector de Cebollar Alto para llevar la señal de TVS canal 13 hacia la parte alta de Guamote y Alausí; se planteó tomar la señal de audio y video de TVS desde el Cerro Cacha hasta el Cerro de Cebollar Alto, desde donde se va emitir la señal para la parte alta de los sectores antes mencionados.

#### **5.1. ANÁLISIS DE LA PRIMERA PROPUESTA**

Al analizar los resultados, se va demostrar técnicamente que no se puede irradiar la señal desde el Cerro de Cebollar Alto hacia la parte alta de Alausí ya que la primera zona de fresnel se encuentra obstruida por la geografía del sector; en cuanto se refiere a la parte alta de Guamote la señal si puede va llegar como se puede observar en la fig. 4.3.

Se va trabajar en el rango de frecuencia en VHF, que va desde los 76 Mhz – 82 Mhz (canal 5), ya que la frecuencia del canal 13 está siendo ocupada por la cadena ecuatoriana de televisión (TC Televisión) en la ciudad de Alausí, por ese motivo se utiliza la frecuencia del canal 5.

## **5.2. ANÁLISIS DE LA SEGUNDA PROPUESTA**

En esta propuesta se plantea seguir una ruta con varios saltos (ver fig. 4.5 - fig. 4.8), y no solo un salto como la planteada por el departamento técnico de TVS Canal 13; hay que tener en cuenta que el CONATEL solo da los permisos de funcionamiento en zonas pobladas y no en zonas donde hay una escasa población.

Al realizar varios saltos se plantea abarcar la mayor cantidad de población en las ciudades de Guamote (ver fig. 4.6) y Alausí (ver fig. 4.9), comenzando el enlace de microondas desde el Cerro Cacha hasta el Cerro de Cebollar alto y del Cerro de Cebollar Alto hasta el Cerro Shirben desde donde se emitirá la señal a la ciudad de Guamote, utilizando el rango de frecuencia en VHF que va desde los 210 Mhz – 216 Mhz (canal 13) y del Cerro Shirben hasta al Cerro Puchucal donde se emitirá la señal a la ciudad de Alausí utilizando el rango de frecuencia en VHF que va desde los 76 Mhz – 82 Mhz (canal 5), ya que la frecuencia del canal 13 está siendo ocupada por la cadena ecuatoriana de televisión (TC Televisión).

## **5.3. SELECCIÓN DE LA PROPUESTA**

Al hacer un análisis minuciosos de cada una de las propuestas, se recomienda para la implementación del proyecto la segunda propuesta, siendo está mejor elaborada desde el punto de vista técnico y social; ya que permite cumplir con las normas establecidas por el CONATEL y al dar varios saltos necesarios para ubicar la antenas transmisoras e irradiar la señal a la zonas establecidas a su vez abarca un área de cobertura mayor que la primera propuesta, sirviendo de esta manera a una mayor cantidad de población.

Cada una de las zonas de fresnel se encuentran despejadas en los enlaces de microondas permitiendo que la señal llegue a la antena receptora sin ningún problema a parte de ello voy abarcar tanto el área de cobertura principal como el área de cobertura secundaria tanto en Guamote como Alausí.

## CAPITULO VI

### 6.0. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1. CONCLUSIONES

- Después del análisis de perfiles topográficos se comprobó que sí existe línea de vista desde el Cerro Cacha hasta el Cerro de Cebollar Alto.
- Se determinó mediante un estudio del sector, que el lugar establecido como Cerro de Cebollar Alto es la ubicación geográfica óptima para instalar una estación repetidora de TV.
- Al hacer un análisis de la segunda propuesta se estableció que no es factible irradiar desde el Cerro de Cebollar Alto.
- En el simulador de radio enlaces Radio Mobile 9.4.0.6. se estableció la intensidad de campo eléctrico tanto para Guamote y Alausí y se comprobó que los mismos son los determinados por el CONATEL.
- En la segunda propuesta el área de cobertura de la empresa televisiva TVS canal 13 se ha diseñado para llegar principalmente a la zona urbana de las ciudades de Guamote y Alausí, así como también de sus alrededores.
- Para garantizar que el enlace esté en excelentes condiciones el nivel de recepción de la antena receptora debe estar entre -40dBm a -55dBm.
- En zonas templadas se debe utilizar un factor  $K=4/3$ , la primera zona de fresnel debe estar totalmente despejada y debe estar dentro del rango de  $2F1$  como mínimo y  $12F1$  como máximo.



## 6.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar la segunda propuesta planteada en el estudio técnico ya que el CONATEL solo da los permisos de funcionamiento en zonas pobladas y no en lugares donde hay una escasa población y aparte de ello va permitir abarcar un mayor conglomerado de personas tanto en las ciudades de Guamote y Alausí, como de sus alrededores.
- En cuanto se refiere a la instalación de la torre en el Cerro de Cebollar Alto, se recomienda el de tipo arriostrada ya que es mucho más ligera en peso, es capaz de proporcionar gran altura con un costo mucho más bajo, pero requiere mayor espacio libre para el anclaje de los cables, el cual sí se dispone en dicho lugar.
- Al hablar de la construcción de la caseta que protegerá a los equipos de microondas, deberá contar con su respectiva seguridad, tanto para la instalación de los equipos, como para su normal funcionamiento, así como también contará con su respectivo sistema de puesta a tierra.
- Al realizar la construcción de la torre de telecomunicaciones se recomienda la instalación de un pararrayos, ya que el mismo permite atraer rayos y a su vez protege las instalaciones de un impacto directo.
- Para la implementación del estudio se recomienda seguir con el esquema de la tabla 7.10. monitoreo y evaluación.
- Para la implementación del estudio se recomienda basarse en los parámetros técnicos de los equipos que se van a utilizar.

## **CAPITULO VII**

### **7.0. PROPUESTA**

#### **7.1. TITULO DE LA PROPUESTA**

**“DISEÑO DE ENLACES DE MICROONDAS PARA LLEVAR LA SEÑAL DE TVS CANAL 13 A LAS CIUDADES DE GUAMOTE Y ALAUSÍ”**

#### **7.2. INTRODUCCIÓN**

Debido a que los cantones de Guamote y Alausí no cuentan actualmente con un sistema de telecomunicaciones de televisión de señal abierta que sea propia de la Provincia de Chimborazo y que la misma sea acorde a la época, siendo esta de vital importancia para el desarrollo de dichos sectores, se plantea realizar un “Diseño de un enlace de microonda para llevar la señal de TVS Canal 13 a las ciudades de Guamote y Alausí”, por ello la empresa televisiva desea ser pionera en la transmisión de señal abierta hacia toda la provincia de Chimborazo y requiere de un sistema de telecomunicaciones a través de microondas para tener una señal eficiente y económica.

#### **7.3. OBJETIVOS**

##### **7.3.1. General:**

- Diseñar un sistema de televisión para llegar con la señal de TVS canal 13 a las ciudades de Guamote y Alausí.

### **7.3.2. Específicos:**

- Realizar los enlaces de microondas que sean necesarios desde el Cerro Cacha hasta llevar la señal de TVS al Cerro Shirben en Guamote y el Cerro Puchucal en Alausí.
- Abarcar en el área de cobertura principal a las ciudades de Guamote y Alausí, y en el área de cobertura secundaria sus alrededores.

## **7.4. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO – TÉCNICA**

### **7.4.1 RADIO ENLACE**

Se denomina radio enlace a cualquier interconexión entre los terminales de telecomunicaciones efectuados por ondas electromagnéticas; si los terminales son fijos, el servicio se lo denomina como tal y si algún terminal es móvil, se lo denomina dentro de los servicios de esas características.

Los radio enlaces, establecen un concepto de comunicación del tipo dúplex, donde se deben transmitir dos portadoras moduladas: una para la transmisión y otra para la recepción; al par de frecuencias asignadas para la transmisión y recepción de las señales, se lo denomina radio canal.

### **7.4.2. MARGEN DE DESVANECIMIENTO FM**

Se define sobre el mismo el Margen de Desvanecimiento FM (Fading Margen) como la diferencia en dB entre el nivel de la potencia recibida  $P_n$  y el nivel mínimo de potencia que asegura una determinada tasa de error BER (denominada potencia umbral del receptor  $P_u$ ).

$$FM = P_n - P_u$$

Ec. 7.1.

**Tabla 7.1.** Muestra los valores típicos del Margen de Desvanecimiento en función del porcentaje de confiabilidad del sistema

<b>Porcentaje de confiabilidad (%)</b>	<b>Margen de Desvaneciendo (dB)</b>
90	10
99	20
99.9	30
99.99	40

### **7.4.3. ZONAS DE FESNEL**

Se llama zona de fresnel al volumen de espacio entre el emisor de una onda - electromagnética y un receptor, de modo que el desfase de las ondas en dicho volumen no supere los 180°. Así, la fase mínima se produce para el rayo que une en línea recta al emisor y el receptor. Tomando su valor de fase como cero, la primera zona de Fresnel abarca hasta que la fase llegue a 180°, adoptando la forma de un elipsoide de revolución. La segunda zona abarca hasta un desfase de 360°, y es un segundo elipsoide que contiene al primero. Del mismo modo se obtienen las zonas superiores.

La obstrucción máxima permisible para considerar que no hay obstrucción es el 40% de la primera zona de Fresnel. La obstrucción máxima recomendada es el 20%. Para el caso de radiocomunicaciones depende del factor K (curvatura de la tierra) considerando que para un  $K=4/3$  la primera zona de fresnel debe estar despejada al 100% mientras que para un estudio con  $K=2/3$  se debe tener despejado el 60% de la primera zona de Fresnel.

### **7.4.4 SISTEMAS DE TELEVISION EN SUDAMÉRICA Y NORTEAMÉRICA**

En la tabla 7.2. se muestran los sistemas de televisión de cada país y la tensión en voltios de la red eléctrica junto con su frecuencia en Hz.

Los países con sistemas PAL normalmente (salvo excepciones) tienen una tensión de 220V y 50Hz.

Los países con sistemas NTSC como Bolivia, Chile, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Estados Unidos, Honduras, México, Nicaragua, y Venezuela normalmente tienen una tensión de 110/220 V 60Hz.

**Tabla 7.2.** Sistemas de Televisión para Sudamérica y Norteamérica

PAIS	SISTEMA	TENSION	FREQ
ARGENTINA	PAL	220	50
BOLIVIA	NTSC	110/220	50
BRASIL	PAL *	110/220	60
CANADA	NTSC	120	60
CHILE	NTSC	220	50
COLOMBIA	NTSC	110/220	60
<b>ECUADOR</b>	<b>NTSC</b>	<b>120</b>	<b>60</b>
MEXICO	NTSC	125	60
PARAGUAY	PAL	220	50
PERU	NTSC	220	60
USA	NTSC	120	60
VENEZUELA	NTSC	120	60
URUGUAY	PAL	220	50

#### 7.4.5. ESTRUCTURA DE UN CANAL DE TV

Un canal de TV en el estándar NTSC tiene un ancho de banda de 6 MHz. La modulación de la imagen en blanco y negro es en amplitud y para no ocupar mucho espectro lo que se hace es utilizar la técnica de banda lateral vestigial (LVB) que nos ahorra casi la mitad de espectro. Existen dos portadoras en una señal de televisión que se encargan de la imagen. La portadora principal y la subportadora de color tienen una separación de 3.579 MHz entre ambas. La señal encargada del color se modula en fase o cuadratura. La elección de las frecuencias en NTSC permite que ambas señales (Blanco y negro y color) no interfieran entre ellas a pesar de ocupar la misma zona del espectro.

Para el sonido disponemos de una tercera portadora a 4.5 MHz de la portadora principal. La modulación se hace en este caso en FM con un ancho de banda de 250 KHz.

#### **7.4.6. INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO MÍNIMA A PROTEGER**

La intensidad de campo eléctrico es el nivel de la señal que se recibe en un punto específico. El valor mínimo de la intensidad de campo necesario para proporcionar una recepción satisfactoria es la intensidad de campo eléctrico mínima a proteger.

De acuerdo a la Norma Técnica vigente, los valores de intensidad de campo protegidos en los bordes de las áreas de cobertura principal y secundaria, tomados para una altura de antena del usuario de 10 metros sobre el suelo, se indican en la Tabla 2.6.

**Tabla 7.3.** Niveles de Intensidad de Campo Eléctrico

<b>BANDA</b>	<b>BORDE DE ÁREA DE COBERTURA SECUNDARIA</b>	<b>BORDE DE ÁREA DE COBERTURA PRINCIPAL</b>
I	47 dBuV/m	68 dBuV/m
III	56 dBuV/m	71 dBuV/m
IV y V	64 dBuV/m	74 dBuV/m

#### **7.4.7. ÁREA DE COBERTURA**

Comprende el área de cobertura principal y el área de cobertura secundaria, la cual podrá ser ampliada mediante la utilización de las frecuencias que corresponden a la zona geográfica y que estén disponibles.

#### **7.4.7.1.      ÁREA DE COBERTURA PRINCIPAL**

Es la que corresponde a la ciudad a servir y que tendrá una intensidad de campo igual o mayor a la intensidad de campo establecida para el borde del área de cobertura principal, definidas en la Tabla 7.3.

#### **7.4.7.2.      ÁREA DE COBERTURA SECUNDARIA**

Es la que corresponde a los alrededores de las ciudades a servir y que tendrán una intensidad de campo correspondiente al borde del área de cobertura secundaria, indicadas en la Tabla 7.3. sin rebasar los límites de la correspondiente zona geográfica.

#### **7.4.8.           CATEGORÍA DE LOS SERVICIOS**

La UIT atribuye una banda de frecuencias a varios servicios, ya sea en todo el mundo o en una Región. En el Ecuador, el Plan Nacional de Frecuencias y el Plan Nacional de Distribución de Frecuencias consideran las siguientes categorías de servicios:

- Servicios Primarios
- Servicios Secundarios

##### **7.4.8.1.      SERVICIO PRIMARIO**

Servicio principal al cual está atribuida una banda de frecuencias. Éste servicio tendrá prioridad sobre los demás servicios a los que está atribuida la banda, será el que se proteja contra interferencias causadas por cualquiera de los otros servicios.

#### **7.4.8.2. SERVICIO SECUNDARIO**

Servicio de segundo orden al cual está atribuido una banda de frecuencias, las estaciones de los servicios secundarios no deben causar interferencias perjudiciales a las estaciones de un servicio primario, así como tampoco pueden reclamar protección contra interferencias perjudiciales causadas por estaciones de un servicio primario; sin embargo, tienen derecho a la protección contra interferencias perjudiciales causadas por estaciones del mismo servicio o de otros servicios secundarios a las que se les asignen frecuencias ulteriormente.

#### **7.5. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA**

En esta propuesta se plantea seguir una ruta con varios saltos para abarcar una mayor cantidad de población en las ciudades de Guamote y Alausí (ver fig. 7.1.) y no solo un salto como la planteada por el departamento técnico de TVS Canal 13, ya que el CONATEL solo da los permisos de funcionamiento en zonas pobladas y no en zonas donde hay una escasa población.

En la segunda propuesta se plantea tomar una parte de la primera propuesta hasta el enlace de microondas en el Cerro de Cebollar alto, y del Cerro de Cebollar Alto hasta el Cerro Shirben (ver fig. 4.5) desde donde se emitirá la señal a la ciudad de Guamote, utilizando el rango de frecuencia en VHF que va desde los 210 Mhz – 216 Mhz (canal 13) (ver fig. 4.6.).

Los resultados de la segunda propuesta, se establecen de la siguiente manera: siendo la zona de fresnel 1.9F1 pudiéndose apreciar que la primera zona de fresnel es positiva fig. 4.6, lo que quiere decir que no hay algún obstáculo en la geografía del sector por lo que la señal se puede irradiar libremente hacia Guamote, a su vez cumple con las normas establecidas en el valor de intensidad de campo eléctrico, cubriendo tanto el área de cobertura principal como el área de cobertura secundaria según las normas establecidas por el CONATEL, lo que quiere decir



que es factible la implementación de esta propuesta específicamente al irradiar la señal de VHF en canal 13 a Guamote.

Esto indica que la primera etapa de la segunda propuesta planteada por el autor del estudio es factible para la ciudad de Guamote, teniendo un margen de desvanecimiento en dicho enlace de 41.04 dB lo que corresponde a un porcentaje de confiabilidad del 99.99% fig. 4.7.

En la otra etapa de la segunda propuesta se plantea seguir con el enlace de microondas desde el Cerro Shirben hasta el Cerro Puchucal (ver fig. 4.8.), donde se emitirá la señal a la ciudad de Alausí utilizando el rango de frecuencia en VHF que va desde los 76 Mhz – 82 Mhz (canal 5), ya que la frecuencia del canal 13 está siendo ocupada por la cadena ecuatoriana de televisión (TC Televisión) (ver fig. 4.9.).

Los resultados de esta etapa de la segunda propuesta, se establecen de la siguiente manera:, siendo la zona de fresnel 3.1F1 pudiéndose apreciar que la primera zona de fresnel es positiva (ver fig. 4.9.), lo que quiere decir que no ningún obstáculo en la geografía del sector por lo que la señal se puede irradiar libremente hacia Alausí, a su vez cumple con las normas establecidas en el valor de intensidad de campo eléctrico, cubriendo tanto el área de cobertura principal como el área de cobertura secundaria según las normas establecidas por el CONATEL, lo que quiere decir que es factible la implementación de esta propuesta específicamente al irradiar la señal de VHF en canal 5 a Alausí.

Esto indica que la segunda propuesta planteada por el autor del estudio es factible para la ciudad de Alausí, teniendo un margen de desvanecimiento en dicho enlace de 48.02 dB lo que corresponde a un porcentaje de confiabilidad del 99.99% fig. 4.10.

Figura 7.1. Planteamiento de la Segunda Propuesta



### 7.5.1. INVERSION

Es el monto de capital que se le asignará a este estudio, con la proyección de que este pueda producir un bien o servicio útil al ser humano o a la sociedad en general. Para este caso las inversiones buscan un rendimiento monetario atractivo, es decir una ganancia en dinero, pero existen otras inversiones que solo buscan el beneficio social, como es el caso de este estudio.

**Tabla 7.4.** Precio del terreno donde se ubicará la torre y la caseta

Ubicación	Terreno	Área	Precio
Cebollar Alto	1	30 m <sup>2</sup>	900
<b>Total</b>			<b>900 Dólares</b>

**Tabla 7.5.** Obra civil e instalación de puesta a tierra

Ubicación	Cantidad	Descripción	P. Unitario	Total
Cerro de Cebollar Alto	1	Instalación torre de 15 m	3000	3000
	3	Construcción caseta de 3 x 3 m	1800	5400
	3	Sistema a tierra	400	1200
<b>Total</b>				<b>9600 Dólares</b>

**Tabla 7.6.** Valor de los equipos de telecomunicaciones

Cantidad	Descripción	Fabricante	P. Unitario	Total
2	Equipo de microondas de TV incluye antenas	OMB	12360	24720
1	Equipo de microondas solo receptor de TV incluye antena	OMB	7800	7800
2	Equipo transmisor en VHF	OMB	5700	11400
3	Medidor de Energía	E.E.R.S.A.	15	45
100 m	Línea de Transmisión LDF5-50A		37.26	3726

6	Conectores		97	582
1	Sistema de Pararrayos		1000	1000
	Gastos Varios		1800	1800
<b>Total</b>				<b>51077 Dólares</b>

**Tabla 7.8.** Concesión de frecuencias

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>P. Unitario</b>	<b>Total</b>
3	Microonda de 6.8 Ghz	135	405
1	VHF CH 13	1200	1200
1	VHF CH 5	1200	1200
<b>Total</b>			<b>2805 Dólares</b>

**Tabla 7.9.** Descripción de la inversión

<b>Descripción</b>	<b>Precio</b>
Precio del terreno	900
Obra Civil e Instalación de puesta a tierra	9600
Valor de los equipos de telecomunicaciones	51077
Concesión de las frecuencias	2805
<b>Total</b>	<b>64382 Dólares</b>

La inversión total por parte de la empresa televisiva TVS canal 13 será de 64382 dólares, que lo financiarán sus socios y sus diferentes gestiones.

## **7.6. DISEÑO ORGANIZACIONAL**

La estructura orgánica y funcional para ejecutar la propuesta estará a cargo del departamento técnico con la coordinación del departamento financiero de la empresa televisiva TVS canal 13.

## **7.7. MONITOREO Y EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA**

El problema fundamental radica en que no existe señal de empresa televisiva que preste sus servicios a la ciudad de Guamote, y para la ciudad de Alausí no hay

empresa televisiva local o provincial que pueda difundir su cultura, turismo, gastronomía etc. Por todo ello se ha planteado llevar la señal de TVS canal 13 a los sectores antes mencionado, para ayudar al desarrollo de los mismos, dando a conocer sus necesidades más importantes, informándoles bien acerca de lo que pasa en la provincia y el país.

El impacto que se piensa conseguir con esta propuesta, es que dichos sectores se desarrollen de una manera más ágil y que sus problemas y necesidades sean atendidos de una mejor manera por las autoridades.

**Tabla 7.10.** Monitoreo y Evaluación

<b>Actividad</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Responsable</b>
Enlace de microondas Cacha - Cebollar Alto	Recibe señal de audio y video	Jefe técnico TVS
Enlace de microondas Cebollar Alto - Shirben	Recibe señal de audio y video	Jefe técnico TVS
Irradiación de la señal de TVS canal 13 a la ciudad de Guamote	Recibe señal de audio y video zona urbana y alrededores	Jefe técnico TVS
Medición campo eléctrico área de cobertura principal y secundaria	Área de cobertura principal 71 dBuV/m secundaria 56 dBuV/m	Jefe técnico TVS
Enlace de microondas Shirben - Puchucal	Recibe señal de audio y video	Jefe técnico TVS
Irradiación de la señal de TVS canal 5 a la ciudad de Alausí	Recibe señal de audio y video zona urbana y alrededores	Jefe técnico TVS
Medición campo eléctrico área de cobertura principal y secundaria	Área de cobertura principal 68 dBuV/m secundaria 47 dBuV/m	Jefe técnico TVS

## **8.0. BIBLIOGRAFÍA**

- 1.- GARCIA, Santiago.** (2002). Técnico en telecomunicaciones. Editorial cultural, S.A.
  
- 2.- FREEMAN Roger L.** (1992). Ingeniería de Sistemas de telecomunicaciones. Editorial Limusa. Mexico.
  
- 3.- TOMASI Wayne.** (2003). Sistemas de Comunicaciones Electrónicas. México, Pearson Educación.
  
- 4.- STREMLER, Ferrel.** (1997). Sistemas de Comunicación, Segunda Edición. México.
  
- 5.- BACA URBINA, Gabriel.** (1997). Evaluación de Proyectos. Editorial McGraw-Hill. Colombia.
  
- 6.- BATALLER, Miguel Fernando.** (2006). Antenas. Segunda Edición. Alfaomega Grupo Editor, México.

## 8.1. PÁGINAS DE INTERNET

<http://supertel.gob.ec/index.php/Radiodifusion-sonora/informacion-basica-television-pagada.html>

<http://www.scribd.com/doc/40268134/Bandas-de-Television-y-Frecuencia>

<http://www.eveliux.com/fundatel/am-fm.html>

<http://medusa.unimet.edu.ve/sistemas/bpis03/radiocomunicaciones/guiaspdf/GUIA17TELECOMUNICACIONES.pdf>

<http://www.com.uvigo.es/asignaturas/rcom/TEMA5.htm>

<http://www.who.int/peh-emf/about/WhatisEMF/es/index1.html>

<http://www.scribd.com/doc/13724582/Propagacion-en-el-espacio-Libre-cap9>

[http://es.wikipedia.org/wiki/Espectro\\_electromagn%C3%A9tico](http://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_electromagn%C3%A9tico)

<http://radioaficionado.wordpress.com/2008/07/12/espectro-electromagnetico-desde-el-elf-hasta-rayos-cosmicos/>

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/trevino\\_c\\_jt/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/trevino_c_jt/capitulo2.pdf)

<http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/ftp/Antenas%20y%20Propagacion/1513.pdf>

<http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/ftp/Radioenlaces/1511.pdf>

<http://www.slideshare.net/ucsp/especificaciones-del-throughput-de-los-enlaces-y-calculos-matematicos>

<http://www.solred.com.ar/lu6etj/tecnicos/fmeprop/fmeprop.htm>

<http://www.taringa.net/posts/downloads/1809033/Radio-Mobile-y-manuales.html>

<http://es.scribd.com/doc/25430829/Simulacion-de-Radio-Enlaces-Radio-Mobile>

<http://www.cplus.org/rmw/download/download.php?S=1>

<http://www.supertel.gob.ec/>

[http://www.supertel.gob.ec/index.php?option=com\\_content&view=article&id=225&Itemid=43](http://www.supertel.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=225&Itemid=43)

[http://www.supertel.gob.ec/index.php?option=com\\_content&view=article&id=234:informacion-basica-television-pagada&catid=68:radiodifusion-sonora&Itemid=43](http://www.supertel.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=234:informacion-basica-television-pagada&catid=68:radiodifusion-sonora&Itemid=43)

[http://www.it46.se/courses/wireless/materials/es/06\\_Calculo\\_Radioenlace/06\\_es\\_calculo-de-radioenlace\\_presentacion\\_v01.pdf](http://www.it46.se/courses/wireless/materials/es/06_Calculo_Radioenlace/06_es_calculo-de-radioenlace_presentacion_v01.pdf)

<http://es.scribd.com/doc/25430829/Simulacion-de-Radio-Enlaces-Radio-Mobile>

<http://ayudaelectronica.com/definiciones-basicas-comunicaciones/>

<http://members.fortunecity.es/unitec/antenas/antenas1.htm>

<http://www.radiocomunicaciones.net/radio-enlaces.html>

<http://www.omb.com/taxonomy/term/18>



**9.0. APÉNDICES Y ANEXOS**

# ANEXO 1

## ENCUESTA

## ENCUESTA

En dicha encuesta se van a exponer una serie de preguntas para saber la percepción de la ciudadanía acerca de la posible instalación de un canal de televisión local para su Cantón.

Nota: Señale con una X su respuesta

Cantón:

Edad:

Profesión:

1.- Cual es el medio de comunicación que usted más utiliza:

Radio  Periódico  Televisión  Internet

2.- Cuántos canales de televisión cogen en su comunidad.

En números.....

3.- Usted considera necesario que en su cantón se instale un canal de televisión.

Sí  NO

Explique Por qué:

.....  
 .....

4.- Cree que un canal de televisión contribuirá al desarrollo de su comunidad.

Sí  NO

5.- Usted considera que un nuevo medio de comunicación ayudará a difundir el turismo en su cantón.

Sí  NO

6.- Usted considera que un nuevo medio de comunicación ayudará a mejorar el comercio en su ciudad.

Sí  NO

7.- Usted cree que un canal de televisión ayudará a difundir los problemas más importantes que se presentan en su comunidad.

Sí  NO  Tal vez

8.- Usted considera que con los medios de comunicación que dispone en su comunidad está bien informado acerca de lo que pasa en su cantón, provincia y país.

Bastante  Poco  Nada

9.- Usted conoce o ha escuchado acerca del canal de televisión TVS Canal 13.

Sí  NO

10.- Usted considera que las autoridades de su cantón han trabajado en su beneficio:

Bastante  Poco  Nada

11.- Usted considera que las necesidades básicas de su comunidad han sido atendidas por parte de sus dirigentes:

Bastante  Poco  Nada

# ANEXO 2

TABLA DE ESTADÍSTICAS DE  
TELEVISIÓN – DATOS A  
DICIEMBRE DE 2010

PROVINCIA	SERVICIO	NOMBRE ESTACIÓN	FREC.	COBERTURA	CONSESIONARIO	CIUDAD ESTUDIO
CHIMBORAZO	TELEVISION ABIERTA	TELEAMAZONAS	2	ALAUSI	CENTRO DE RADIO Y TELEVISION CRATEL C.A.	QUITO
CHIMBORAZO	TELEVISION ABIERTA	TELEVISION DEL PACIFICO	4	ALAUSI Y SUS ALREDEDORES	TELEVISION DEL PACIFICO S.A. TELEDOS	QUITO
CHIMBORAZO	TELEVISION ABIERTA	CADENA ECUATORIANA DE TELEVISION	13	ALAUSI	CADENA ECUATORIANA DE TELEVISION CANAL 10	GUAYAQUIL
CHIMBORAZO	TELEVISION ABIERTA	TELEVISORA NACIONAL	2	RIOBAMBA CHAMBO, GUANO	TELEVISORA NACIONAL CANAL 8 C.A.	QUITO
CHIMBORAZO	TELEVISION ABIERTA	TELEAMAZONAS	4	RIOBAMBA, GUANO CALPI, SAN JUAN	CENTRO DE RADIO Y TELEVISION CRATEL C.A.	QUITO
CHIMBORAZO	TELEVISION ABIERTA	CADENA ECUATORIANA DE TELEVISION	5	RIOBAMBA Y GUANO	CADENA ECUATORIANA DE TELEVISION CANAL 10	GUAYAQUIL
CHIMBORAZO	TELEVISION ABIERTA	TELERAMA	7	RIOBAMBA Y SUS ALREDEDORES	TELEVISION ECUATORIANA TELERAMA S.A.	CUENCA
CHIMBORAZO	TELEVISION ABIERTA	TELEVISION DEL PACIFICO	9	RIOBAMBA, GUANO CHAMBO, PENIPE	TELEVISION DEL PACIFICO S.A. TELEDOS	QUITO
CHIMBORAZO	TELEVISION ABIERTA	RED TELESISTEMA (R.T.S)	11	RIOBAMBA, GUANO	TELECUATRO GUAYAQUIL C.A.	GUAYAQUIL
CHIMBORAZO	TELEVISION ABIERTA	TVS	13	RIOBAMBA	PINO MERA JAIME FABIAN	RIOBAMBA
CHIMBORAZO	TELEVISION ABIERTA	AMERICAVISION	21	RIOBAMBA	PLAZA RADA JULIO CESAR	GUAYAQUIL
CHIMBORAZO	TELEVISION ABIERTA	CANAL UNO	23	RIOBAMBA	RELAD S.A	GUAYAQUIL
CHIMBORAZO	TELEVISION ABIERTA	CAPITAL TV	25	RIOBAMBA	ANDRADE DIAZ LUIS ARGEMIRO	PORTOVIEJO
CHIMBORAZO	TELEVISION ABIERTA	TELEATAHUALPA (RTU)	27	RIOBAMBA	COMPAÑIA RADIO HIT S.A.	STO. DOMINGO
CHIMBORAZO	TELEVISION ABIERTA	ECUAVISION	29	RIOBAMBA	COLCHA AREVALO LIZARDO ENRIQUE	RIOBAMBA
CHIMBORAZO	TELEVISION ABIERTA	TROPICAL TV	31	RIOBAMBA	ECUASERVIPRODU S.A.	BABAHOYO
CHIMBORAZO	TELEVISION ABIERTA	UCSG TELEVISION	33	RIOBAMBA	UNIVERSIDAD CATOLICA SANTIAGO DE GUAYAQUIL	GUAYAQUIL
CHIMBORAZO	TELEVISION ABIERTA	OROMAR	35	RIOBAMBA, CHAMBO PENIPE, GUANO	SISTEMAS GLOBALES COMUNICACION HCGLOBAL S.A.	MANTA
CHIMBORAZO	TELEVISION ABIERTA	ECUADOR TV	48	RIOBAMBA, CHAMBO GUANO	EMPRESA PUBLICA TELEVISION Y RADIO DE ECUADOR	QUITO

**FUENTE:** Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPATEL)

# ANEXO 3

PERDIDAS QUE SE  
PRODUCEN EN LOS  
DISTINTOS TIPOS DE CABLE

<b><i>Tipo de cable</i></b>	<b><i>Pérdida [db/100m]</i></b>
RG 58	ca 80-100
RG 213	ca 50
LMR-200	50
LMR-400	22
Aircom plus	22
LMR-600	14
Flexline de 1/2"	12
Flexline de 7/8"	6,6
C2FCP	21
Helix de 1/2 "	12
Helix de 7/8"	7

# ANEXO 4

## ESTACIONES DE TELEVISIÓN Y RADIODIFUSIÓN AUTORIZADAS A NIVEL NACIONAL

## Estaciones de Televisión y Radiodifusión autorizadas a nivel nacional

Provincias	Televisión Abierta				Total Televisión abierta	Total Televisión por cable	Televisión Codificada Terrestre	Total Estaciones R & TV TV-suscripción
	VHF	UHF	Matriz	Repet.				
Azuay	16	11	3	24	27	17	1	136
Bolívar	6	3	1	8	9	7	0	41
Carchi	6	11	1	16	17	5	0	57
Cañar	5	11	2	14	16	8	1	61
Chimborazo	11	10	2	19	21	8	2	104
Cotopaxi	5	5	4	6	10	7	0	44
El Oro	9	11	2	18	20	21	0	113
Esmeraldas	7	13	5	15	20	14	0	81
Galápagos	13	16	3	26	29	0	2	45
Guayas	10	16	16	10	26	21	6	165
Imbabura	8	8	3	13	16	10	0	76
Loja	20	9	4	25	29	18	1	128
Los Ríos	7	13	4	16	20	17	0	82
Manabí	11	14	4	21	25	19	2	139
Morona Santiago	13	9	2	20	22	10	0	67
Napo	11	8	2	17	19	6	0	51
Orellana	0	2	0	2	2	4	0	21
Pastaza	7	4	1	10	11	3	0	31
Pichincha	10	16	14	12	26	20	7	158
Santa Elena	7	11	2	16	18	2	0	72
Santo Domingo	6	9	5	10	15	4	2	67
Sucumbios	4	4	2	6	8	10	0	51
Tungurahua	9	10	2	17	19	5	1	83
Zamora Chinchipe	15	4	1	18	19	8	0	45
<b>TOTAL:</b>	<b>216</b>	<b>228</b>	<b>85</b>	<b>359</b>	<b>444</b>	<b>244</b>	<b>25</b>	<b>1918</b>

FUENTE: Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPATEL).

Resumen de las Estaciones de Televisión y Radiodifusión autorizadas a nivel nacional.

SERVICIO	N° ESTACIONES	%
Radiodifusión sonora	1205	63%
Televisión abierta	444	23%
Audio&Video Suscripción	269	14%
<b>TOTAL</b>	<b>1918</b>	<b>100%</b>

FUENTE: Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPATEL).

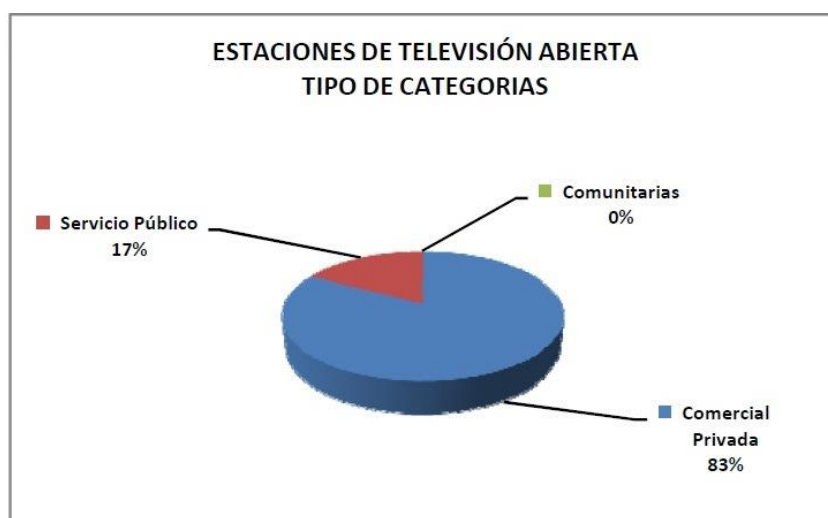


Resumen Estadístico del tipo de categorías de Estaciones de Televisión Abierta autorizadas en el ámbito nacional.

Provincias	CATEGORÍAS DE ESTACIONES DE TELEVISIÓN ABIERTA			Total Televisión abierta	Porcentaje de estaciones Comercial Privada
	Comercial Privadas	Servicio Público	Comunitarias		
Azuay	24	3	0	27	88,9%
Bolívar	6	3	0	9	66,7%
Carchi	13	4	0	17	76,5%
Cañar	13	3	0	16	81,3%
Chimborazo	19	2	0	21	90,5%
Cotopaxi	8	2	0	10	80,0%
El Oro	18	2	0	20	90,0%
Esmeraldas	17	3	0	20	85,0%
Galápagos	21	8	0	29	72,4%
Guayas	24	2	0	26	92,3%
Imbabura	12	4	0	16	75,0%
Loja	26	3	0	29	89,7%
Los Ríos	17	3	0	20	85,0%
Manabí	21	4	0	25	84,0%
Morona Santiago	15	7	0	22	68,2%
Napo	15	4	0	19	78,9%
Orellana	0	2	0	2	0,0%
Pastaza	9	2	0	11	81,8%
Pichincha	25	1	0	26	96,2%
Santa Elena	14	4	0	18	77,8%
Santo Domingo	13	2	0	15	86,7%
Sucumbios	5	3	0	8	62,5%
Tungurahua	17	2	0	19	89,5%
Zamora Chinchipe	16	3	0	19	84,2%
<b>TOTAL:</b>	<b>368</b>	<b>76</b>	<b>0</b>	<b>444</b>	
<b>PORCENTAJE</b>	<b>83%</b>	<b>17%</b>	<b>0%</b>	<b>100,0%</b>	

**FUENTE:** Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPATEL)

Tipo de categorías de estaciones de televisión abierta



**FUENTE:** Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPATEL).

# ANEXO 5

## TORRE DE TELECOMUNICACIONES

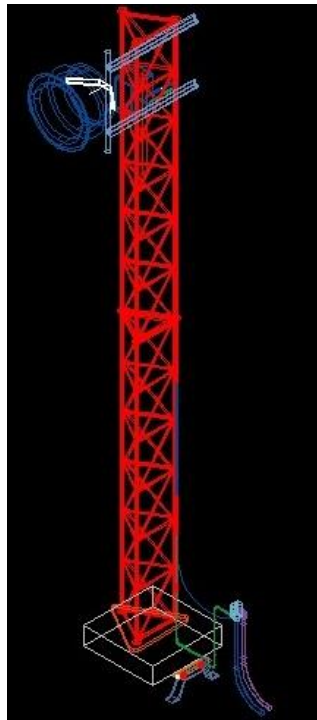
## **TORRE DE TELECOMUNICACIONES**

Las torres de comunicación son estructuras altas utilizadas en todo el mundo para aplicaciones de telecomunicación. Funcionan como soporte de las antenas de telecomunicaciones, son ampliamente utilizadas en radiodifusión y la televisión. Una torre normalmente viene con accesorios pre-diseñados como plataformas, escaleras, soportes de antenas, accesorios de iluminación y dispositivos de seguridad de escalada, y más. Cuenta con estructuras similares a las de las torres de transmisión y torres de aerogeneradores.

Una torre arriostrada de comunicación o torre con tirantes es aquella soportada por tensores, los tensores son generalmente de acero de alta resistencia. Una torre de comunicación con tirantes es capaz de proporcionar gran altura con un costo mucho más bajo de material. Comúnmente tiene tirantes en tres direcciones sobre radio de anclaje por lo general de  $2/3$  de la altura de la torre. La torre de comunicaciones arriostrada por lo general viene con una sección de celosía triangular. Mástiles tubulares también pueden ser utilizados, sobre todo en lugares donde la formación de hielo es muy pesada y las secciones de celosía pueden llenarse de hielo con facilidad.

En comparación con la torre autoportante, un torre arriostrada es mucho más ligera en peso pero requiere mayor espacio libre para el anclaje de los cables. Cuando se cuenta con un espacio amplio las torres arriostradas son una buena elección.

Torre arriostrada



## **SISTEMA DE PROTECCION EN LA TORRE DE TELECOMUNICACIONES**

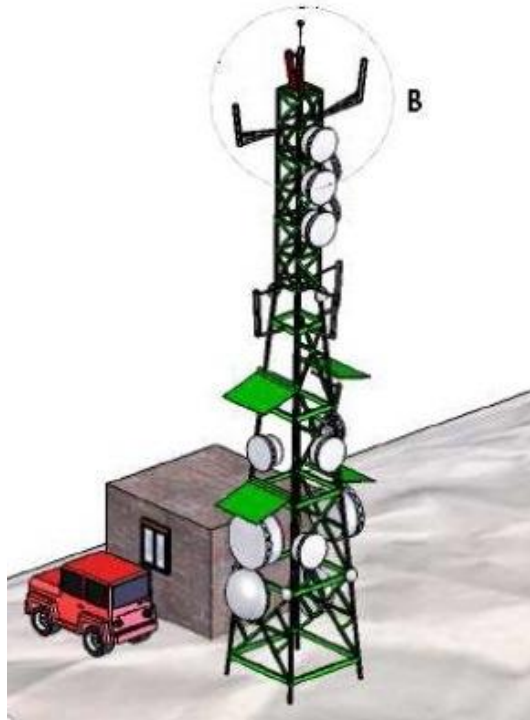
Este análisis está orientado a definir la configuración técnica de una instalación de pararrayos para la protección directa del rayo durante una tormenta eléctrica, la aplicación está diseñada para las estructuras metálicas altas, y en concreto torres de telecomunicaciones.

En definitiva lo que se busca es mejorar la seguridad de riesgos eléctricos en las instalaciones para los trabajadores, reducir costes de reparaciones cada año en las instalaciones y minimizar los paros técnicos de comunicaciones a causa del rayo.

El objetivo de estos pararrayos es el de atraer rayos y a su vez de proteger las instalaciones del impacto directo del rayo, excitando su carga y capturando su impacto para conducir su potencial de alta tensión a la toma de tierra eléctrica. Se

conocen casos en instalaciones reales en los que parte del pararrayos ha desaparecido a causa del impacto, que superó los 350.000 Amperios.

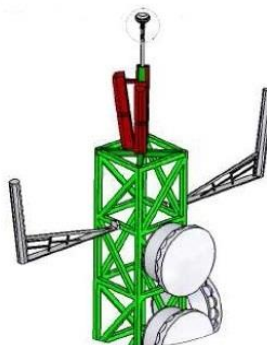
Sistema de Pararrayos



### Instalación tipo.

Se preparará un soporte para adaptar el cabezal del pararrayos e instalarlo en el punto más alto de cada estructura a proteger, sobresaliendo de dos metros por encima de cualquier equipo o antena existente, para ello se adaptarán las antenas y otros elementos.

Sistema de Pararrayos



**El conductor eléctrico.**

Para mejorar la conductividad eléctrica de todas las masas y estructura metálicas, se recomienda instalar una bajante de cable de tierra desde el pararrayos hasta el punto más cercano al electrodo de tierra y de una sección de como mínimo de 35mm en el bajante principal.

Se puede eliminar el bajante de cable de cobre desde el pararrayos hasta el pie de la torre de telecomunicaciones, siempre y cuando la torre metálica haga las funciones de conductor eléctrico y su resistencia en ohmios desde el cabezal del pararrayos al pie de la torre sea inferior de valor que el cable de cobre que se quiere colocar.

Se conectarán todos los cables de tierra del pararrayos a la toma de tierra nueva o existente para garantizar un valor igual o inferior a 10 ohmios constante todo el año.

# ANEXO 6

DETERMINACION DE LOS  
EQUIPOS PARA LOS ENLACES  
DE MICROONDA.

Para determinar los equipos que van a ser instalados en el enlace de microondas se debe tener en cuenta la frecuencia otorgada por la Supertel para la transmisión.

Los equipos que se recomiendan son de la marca OMB, ya que este tipo de equipos con la tecnología que posee me permiten configurar al sistema como un transmisor o receptor.

## ENLACE DE MICROONDAS ANALÓGICO COMPAC BANDA HASTA 23GHz

El enlace OMB **COMPAC** (hasta 23GHz) es un enlace de microondas profesional con capacidad para transportar 1 video y hasta 2 audios con potencias (según modelos) entre 0,5 y 1W. La estructura del enlace está diseñada en versión partida, es decir que el modulador **MOD 70** va ubicado en 2 unidades de rack de 19" y la unidad transmisora en caja de intemperie estanca para situarla detrás de la parábola. Esta unidad tiene una entrada de 70 MHz y salida de hasta 23GHz según modelos. La unidad receptora (también en versión partida) está compuesta por el demodulador **DEM 70** (2 unidades de rack de 19") y el receptor en caja de intemperie estanca. La entrada de la unidad receptora es de hasta 23GHz y la salida de 70 MHz. El equipo dispone de salida de FI de monitorización.

Esta nueva línea de equipos capaces de integrar, dentro de una sola computadora central, diferentes funciones y ser capaces de recibir señales para enlaces de microondas de radio y emitir señales de 2-23 GHz.

#### Descripción de los Equipos de Microondas Tx y Rx







### MOD 70

El MOD 70 es el modulador de un sistema de modulación-demodulación de TV a 70 MHz que nos da la posibilidad de transmitir una señal de video más dos de audio sobre un trazado a microondas (Banda de 2, 7, 10 y 14 GHz) con los correspondientes Up y Down Converter. La frecuencia intermedia 70 MHz es estándar, así como las 2 subportadoras de audio (7.02 y 7.5 MHz).



### DEM 70

El DEM 70 es el demodulador de un sistema de modulación-demodulación de TV a 70 MHz que nos da la posibilidad de transmitir una señal de video más dos de audio sobre un trazado a microondas (Banda de 2, 7, 10 y 14 GHz) con los correspondientes Up y Down Converter. La frecuencia intermedia 70 MHz es estándar, así como las 2 subportadoras de audio (7.02 y 7.5 MHz).

### MOD 70

CAPACIDAD DE TRANSMISIÓN	1 video + 2 audios
FRECUENCIA INTEREDIA	70 MHz
NIVEL DE ENTRADA/SALIDA EN FI	0 dBm $\pm$ 5 dB
IMPEDANCIA DE ENTRADA EN FI	50 $\Omega$
NIVEL DE ENTRADA DE AUDIO	+9 dBm máx.
IMPEDANCIA DE ENTRADA DE AUDIO	600 $\Omega$ desbalanceada
CONECTOR DE ENTRADA DE AUDIO	XLR Hembra
FRECUENCIA DE LAS SUBPORTADORAS DE AUDIO	7.02, 7.5 MHz
MODULACION DE LA SUBPORTADORA DE AUDIO	$\pm$ 300 KHz
MODULACION DE AUDIO	$\pm$ 75 KHz
NIVEL DE SALIDA DE VIDEO	1 Vpp
IMPEDANCIA DE SALIDA DE VIDEO	75 $\Omega$
ROE DE SALIDA DE VIDEO	<-30 dB
DE-ÉNFAIS DE VIDEO	CCIR (Rec. 405-1)
MODULACION DE VIDEO	$\pm$ 4 MHz
NIVEL DE SALIDA DE AUDIO	+9 dBm máx.
IMPEDANCIA DE SALIDA DE AUDIO	600 $\Omega$ desbalanceada
CONECTOR DE SALIDA DE AUDIO	XLR Hembra
CONECTOR DE SALIDA DE VIDEO	BNC Hembra
CONECTOR DE SALIDA DE RF	N Hembra
ALIMENTACIÓN	Fuente conmutada
DIMENSIONES	2 unidades rack 19"
RANGO DE TEMPERATURA	-5 ~ 45 °C

<b>DEM 70</b>	
<b>CAPACIDAD DE TRASMISIÓN</b>	<b>1 video + 2 audios</b>
<b>FRECUENCIA INTERMEDIA</b>	<b>70 MHz</b>
<b>NIVEL DE SALIDA EN FI</b>	<b>0 dBm ± 5dB</b>
<b>IMPEDANCIA DE ENTRADA EN FI</b>	<b>50Ω</b>
<b>FRECUENCIA DE LAS SUBPORTADORAS DE AUDIO</b>	<b>7.02, 7.5 MHz</b>
<b>MODULACION DE LA SUBPORTADORA DE AUDIO</b>	<b>± 300KHz</b>
<b>MODULACION DE AUDIO</b>	<b>± 75KHz</b>
<b>NIVEL DE SALIDA DE VIDEO</b>	<b>1 Vpp</b>
<b>IMPEDANCIA DE SALIDA DE VIDEO</b>	<b>75Ω</b>
<b>ROE DE SALIDA DE VIDEO</b>	<b>&lt;-30dB</b>
<b>DE-ÉNFASIS DE VIDEO</b>	<b>CCIR (Rec. 405-1)</b>
<b>NIVEL DE SALIDA DE AUDIO</b>	<b>+9 dBm máx.</b>
<b>IMPEDANCIA DE SALIDA DE AUDIO</b>	<b>600Ω desbalanceada</b>
<b>CONECTOR DE SALIDA DE AUDIO</b>	<b>XLR Hembra</b>
<b>CONECTOR DE SALIDA DE VIDEO</b>	<b>BNC Hembra</b>
<b>ALIMENTACIÓN</b>	<b>Fuente conmutada</b>
<b>DIMENSIONES</b>	<b>2 unidades rack 19"</b>
<b>RANGO DE TEMPERATURA</b>	<b>-5 ~ 45 °C</b>

<b>UP LINK</b>	
<b>FUENTE DE ALIMENTACIÓN</b>	<b>+15Vcc, 0.7 A máx</b>
<b>ENTRADA IF</b>	<b>70 MHz, 0dBm tip</b>
<b>FRECUENCIA OSCILADOR LOCAL</b>	<b>Ajustable por el usuario Resolución de paso: 1 MHz</b>
<b>CONECTORES DE ENTRADA/SALIDA</b>	<b>Entrada → N hembra Salida → opción cliente: - N macho, ó - SMA macho según parábola del cliente</b>
<b>IMPEDANCIA ENTRADA/SALIDA</b>	<b>50 Ω</b>
<b>DIMENSIONES FÍSICAS</b>	<b>250mm x 200mm x 80mm</b>
<b>TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO</b>	<b>-15 °C ~ +60°C</b>
<b>TEMPERATURA DE ALMACENAJE</b>	<b>-25 °C ~ +70°C</b>
<b>DOWN LINK</b>	
<b>FUENTE DE ALIMENTACIÓN</b>	<b>+15Vcc, 0.35A max</b>
<b>NIVEL DE ENTRADA MÍNIMO</b>	<b>-70 dBm</b>
<b>SALIDA IF</b>	<b>70 MHz</b>
<b>FRECUENCIA OSCILADOR LOCAL</b>	<b>Ajustable por el usuario Resolución de paso: 1 MHz</b>
<b>CONECTORES DE ENTRADA/SALIDA</b>	<b>Entrada → N hembra Salida → opción cliente: - N macho, ó - SMA macho según parábola del cliente</b>
<b>IMPEDANCIA ENTRADA/SALIDA</b>	<b>50 Ω</b>
<b>DIMENSIONES FÍSICAS</b>	<b>250mm x 200mm x 80mm</b>
<b>TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO</b>	<b>-15 °C ~ +60°C</b>
<b>TEMPERATURA DE ALMACENAJE</b>	<b>-25 °C ~ +70°C</b>

## ANTENAS DIRECTIVAS DE RADIO Y TV

### ANTENAS TX-RX

La **TX-RX** de tipo yagi es una antena de buena calidad y bajo precio. Está diseñada para ser usada en polarización vertical u horizontal, ofreciendo una gran direccionalidad. Construida en aluminio con abrazaderas de acero inoxidable, su conector de entrada es de tipo N Hembra. Es una antena de probada inalterabilidad radioeléctrica, alta ganancia, ligera de peso y muy resistente a la intemperie. Puede fabricarse para cualquier frecuencia dentro del margen de 175 a 960MHz, en bandas de 20/30MHz. De 10 a 14dB de ganancia dependiendo de la frecuencia de operación.

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

**RANGO DE FRECUENCIA 175 ~ 960MHz**

**IMPEDANCIA 50Ω**

**GANANCIA 10 - 14dBd**

**POLARIZACIÓN Vertical / horizontal**

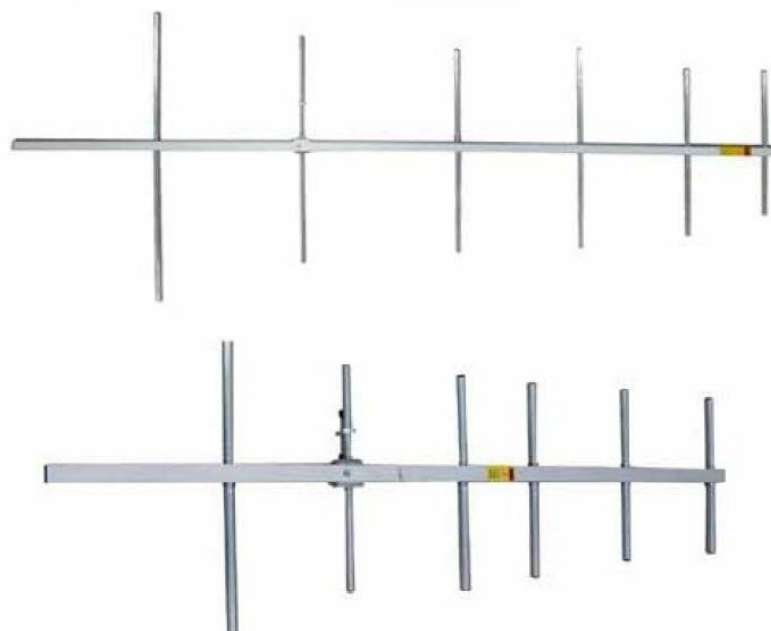
**CONECTOR DE ENTRADA N Hembra**

**VELOCIDAD DEL VIENTO MÁX. 177 Km/h.**

**MONTAJE Tubo de 1 a 3"**

**MATERIAL Aluminio anodizado**

**R.O.E. TÍPICO 1,2 : 1 (< -20dB *return loss*)**





### MOT 10/15 PLATINUM

El MOT 10/15 PLATINUM es un modulador transmisor de 15 W que cumple las más estrictas exigencias del broadcasting internacional, superando en muchos de sus parámetros las especificaciones dictadas por CCIR y FCC. Dispone de pre-corrector de linealidad de vídeo y pre-corrector de FI, así como de limitador de blancos y regenerador de sincronismo con offset incorporado. El equipo puede ser utilizado como equipo transmisor base para su directa conexión a antena o como excitador piloto de sistemas de media y alta potencia (100W-5KW).



<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:</b>	
<b>RF</b>	
<b>RANGO DE FRECUENCIAS</b>	Bandas I, III, IV, V
<b>POTENCIA DE SALIDA</b>	0 a 15W, ajustable.
<b>CONTROL DE LA POTENCIA DE SALIDA</b>	Automático o Manual (seleccionado por conmutador)
<b>ESTABILIDAD DE FRECUENCIA DEL OSCILADOR LOCAL</b>	
<b>DE CANAL</b>	2.5ppm (opcional 0.05ppm)
<b>NIVEL DE ESPÚREAS Y ARMÓNICOS</b>	<- 60dB.
<b>CONECTOR DE SALIDA RF / IMPEDANCIA</b>	Tipo N Hembra / 50Ω.
<b>VIDEO</b>	
<b>ENTRADA</b>	Conector BNC Hembra / 75Ω.
<b>NIVEL NOMINAL DE ENTRADA</b>	1Vpp ± 6dB
<b>PÉRDIDA DE RETORNO DE ENTRADA</b>	≥ 30dB hasta los 5MHz.
<b>RESTAURADOR DE COMPONENTE CONTINUA</b>	Fijado al pórtico posterior.
<b>LIMITADOR DE BLANCOS</b>	Ajustable 90 al 115 % (no afecta a la crominancia).
<b>PRECORRECTOR DE RETARDO DE GRUPO</b>	8 celdas correctoras.
<b>RETARDO DE GRUPO</b>	≤ 50ns (con filtro de banda residual profesional).
<b>RESPUESTA DE FRECUENCIAS</b>	≤ ± 0.5dB.
<b>GANANCIA DIFERENCIAL</b>	≤ ± 5%.
<b>FASE DIFERENCIAL</b>	≤ ± 5°.
<b>NO LINEALIDAD DE LUMINANCIA</b>	≤ 5%.
<b>RELACIÓN SEÑAL A ZUMBIDO</b>	≥ 45dB ponderada.
<b>RELACIÓN SEÑAL A RUIDO</b>	≥ 65dB ponderada, ≥ 55dB no ponderada.
<b>VARIACIÓN DEL NIVEL DE NEGRO</b>	≤ 2%.
<b>FACTOR 2KT</b>	≤ 1%.
<b>FRECUENCIA INTERMEDIA DE VÍDEO</b>	De 32.7 a 45.75MHz.
<b>NIVEL DE F.I. EN EL ENLACE EXTERNO</b>	- 15 a - 10dBm.
<b>AUDIO</b>	
<b>ENTRADA</b>	Conector XLR Hembra. 600Ω / 10KΩ. Simétrica.
<b>NIVEL NOMINAL DE AUDIO DE ENTRADA</b>	2.2Vpp. (ajustable desde -10 a + 6dB).
<b>PREÉNFASIS</b>	Opciones: Plano, 50μs, 75μs
<b>FILTRADO PASABAJOS</b>	15KHz, 100KHz.
<b>UMBRAL DE LIMITACIÓN</b>	Δfnom. + 1dB.
<b>RESPUESTA DE FRECUENCIAS</b>	≤ 0.5dB.
<b>DISTORSIÓN ARMÓNICA</b>	≤ 0.5%.
<b>DISTORSIÓN POR INTERMODULACIÓN</b>	d2 ≤ - 60dB, d3 ≤ - 60dB.
<b>RELACIÓN SEÑAL A RUIDO FM CCIR</b>	≥ 60dB ponderada, ≥ 60dB no ponderada (ref. 50KHz).
<b>RELACIÓN SEÑAL A RUIDO AM</b>	≥ 70dB asincrónica, ≥ 50dB síncrona (ref. 100%).
<b>FRECUENCIA INTERMEDIA</b>	De 30.5 a 41.25MHz.
<b>NIVEL DE F.I. (SOBRE EL ENLACE EXTERNO)</b>	Ajustable.
<b>OSCILADOR LOCAL DE CANAL</b>	
<b>CAPACIDAD DE OFFSET</b>	± 32KHz máx.
<b>ESTABILIDAD DE FRECUENCIA</b>	± 2.5ppm de - 5 a + 45°C.
<b>ENTRADA INTERNA DE REFERENCIA DE OSCILADOR DE</b>	
<b>PRECISIÓN</b>	5MHz.
<b>NIVEL DE SALIDA (ENTRADA AL MEZCLADOR)</b>	+ 7dBm ± 1dB.
<b>RELACIÓN SEÑAL A RUIDO FM CCIR</b>	≥ 60dB ponderada, ≥ 60dB no ponderada (ref. 50KHz).
<b>ESPECIFICACIONES GENERALES</b>	
<b>ALIMENTACIÓN</b>	90 - 260V <sub>AC</sub> , 50/60Hz.
<b>DIMENSIONES GABINETE</b>	Altura 3U, Montaje en bastidor standard de 19".
<b>PESO</b>	13 Kg.
<b>RANGO DE TEMPERATURAS DE OPERACIÓN</b>	- 5 a + 45°C.
<b>RANGO DE HUMEDAD RELATIVA</b>	20 a 90%.
<b>CONTROL REMOTO / TELEMETRÍA</b>	Conector Hembra DB-9.

# ANEXOS 7

PARARRAYOS EN TORRES DE  
TELECOMUNICACIONES  
Y  
PROTECCION DEL SISTEMA A  
TIERRA

## Simulación de un impacto de rayo de 50.000 amperios en una torre de telecomunicaciones.

Durante la descarga del rayo, 50.000 amperios (amperios por segundos), la corriente utiliza todas las estructuras metálicas como conductor para circular por ellas y poder llegar a disiparse en la toma de tierra, durante la descarga del rayo (milisegundos) todos los elementos expuestos padecerán una circulación de electrones o ionización y un aumento de la temperatura con efectos indirectos electromagnéticos asociados, estos efectos serán proporcionales a la intensidad del rayo y el tiempo que tarde la corriente en disiparse en tierra, a más valor de resistencia eléctrica en la toma de tierra, más valor de retraso en la transferencia de la carga y más efectos secundarios aparecerán, por eso la importancia de valorar la política de protección y mantener un valor bajo de resistencia eléctrica en las tomas de tierra durante todo el año.

Al no estar calculado el cable de tierra para el valor de la corriente de paso real de un rayo, la corriente circulará por todos los conductores metálicos, sea la estructura de la propia torre o los blindajes de mallas y apantallamiento de los cables coaxiales o guías de onda puestos a tierra. La tensión que aparecerá será el resultado de aplicar la fórmula de la ley de ohm a esta simulación:

Formula  $E = I \times R$ , donde:

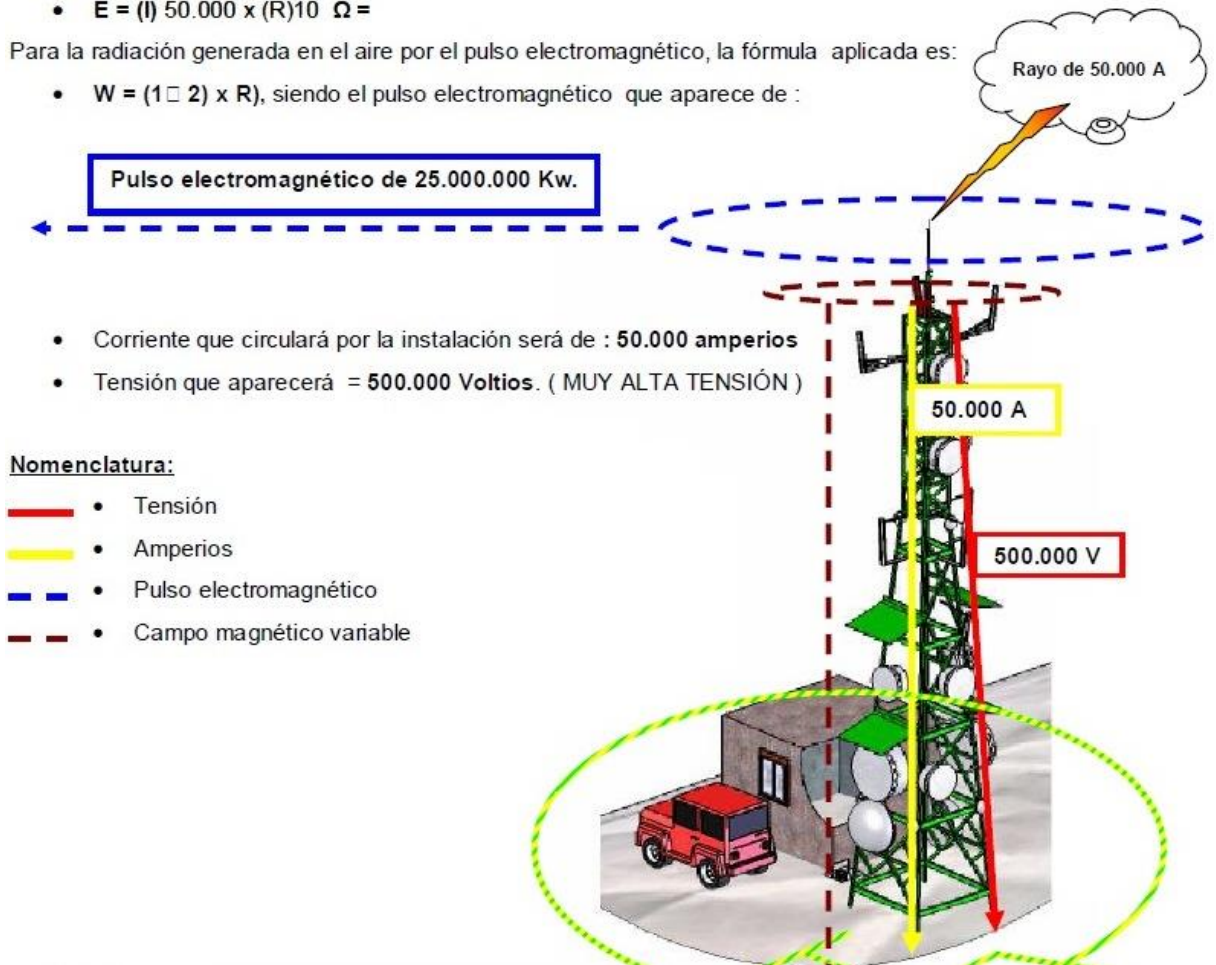
- I, será el impacto simulado del en el pararrayos tradicional en punta o en la propia estructura.
- R, será la resistencia eléctrica en ohmios entre el punto del impacto del rayo (elemento pararrayos o estructura) y la toma de tierra (conjunto de electrodos con un valor de 10 ohmios).

El valor de tensión que aparece es de:

- $E = (I) 50.000 \times (R)10 \Omega =$

Para la radiación generada en el aire por el pulso electromagnético, la fórmula aplicada es:

- $W = (I^2 \times R)$ , siendo el pulso electromagnético que aparece de :



### Nomenclatura:

- Tensión
- Amperios
- Pulso electromagnético
- Campo magnético variable

**Sistema de puesta a tierra**

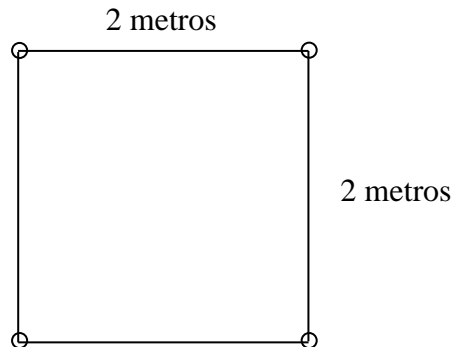
Los cálculos de la resistencia de la malla de puesta a tierra se se pueden ver a continuación, cuyo valor es de 2,87 Ω. Para disminuir la resistividad del suelo donde se construirá el sistema de puesta tierra, se empleará GEM.

El sistema de tierra está conformado por 4 varillas copperweld de 5/8x6” las cuales forman un cuadrado de 2 m. por lado, unidas por cable de cobre desnudo # 4 AWG, está a su vez será interconectada al neutro de los medidores proporcionados por la EERSA, mediante conductor de cobre # 4 AWG.

**CALCULO DEL SISTEMA A TIERRA**

VALOR	FÓRMULAS	DATOS	DESCRIPCION
1.01	$Km = \frac{1}{2 * \pi} * Ln(\frac{D^2}{16 * h * d}) + \frac{1}{\pi} * Ln(\frac{3 * 5}{4 * 6})$	D	12.5 Distancia entre conductores en m
		d	0.00741 Diámetro del cable 2/0 en m
		h	0.9 Profundidad a que está enterrada la malla en m
0.82	$Ki = 0.65 + 0.172 * n$	n	1 Número de filas de la malla
		ρ	10 Resistividad del terreno ohmios-m mejorada con SEM
22.58	$Im_s = \frac{kVA}{V}$	kVA	5.42 Potencia en Kva
		V	0.24 Tensión secundaria en voltios
564.58	$If = \frac{Im_s * 100}{z}$	z	4 Impedancia %
		t	1 Tiempo de falla segundos
		ρs	10000 Resistividad del terreno en la superficie
1.76	$L = \frac{Km * Ki * \rho * If * \sqrt{t}}{165 + 0.25 * \rho_s}$		Longitud estimada de la malla en m
15.20	LONGITUD DE LA MALLA REALIZADA m	l	2
		a	2
		V	4
			1.8
			longitud / número ancho / número Número de varillas

**Gráfico de la Instalación de la Puesta a Tierra**

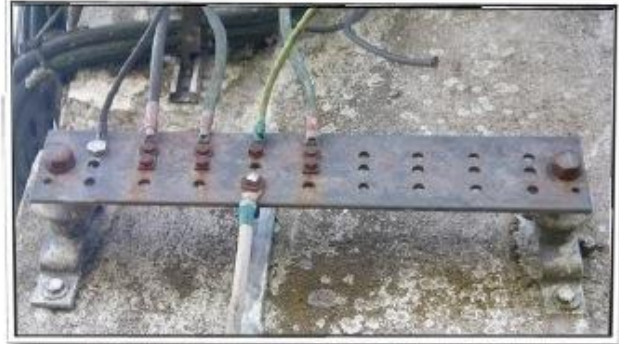




# Puesta a tierra e interconexión

## ¿Porqué usar una puesta a tierra adecuada?

- ▶ Protege el equipo de altos voltajes causados por rayos y fallas de energía
- ▶ Protege al personal de situaciones peligrosas
- ▶ Disipa cargas electrostáticas
- ▶ Provee una referencia de cero voltios
- ▶ Reduce el ruido y la interferencia



6

La puesta a tierra no sólo protege al personal de los rayos, sino de las fallas del sistema de energía eléctrica.

El “bonding” o equipotenciación consiste en la conexión eléctrica entre todos los elementos metálicos que no están diseñados para transportar corriente eléctrica, pero son susceptibles de ser afectados por un rayo. Lo hemos traducido como interconexión

## Definición de interconexión (bonding)

**Bonding:** (interconexión): La unión permanente de partes metálicas para formar una vía de conducción que asegure la continuidad eléctrica y la capacidad de conducir de manera segura cualquier corriente que pudiera ocurrir.

–John Cadick, *Electrical Safety Handbook*



## ¿Qué debemos poner a tierra?

Si es metálico, debe ponerse a tierra

- ▶ Cajas eléctricas
- ▶ Conductos eléctricos
- ▶ Antenas
- ▶ Torres
- ▶ Vientos
- ▶ Desviadores de rayos
- ▶ Cajas y puertas de equipo



||

Los desviadores de rayos son completamente inútiles a menos que tengan una buena conexión de puesta a tierra.

## Puesta a tierra de la Torre

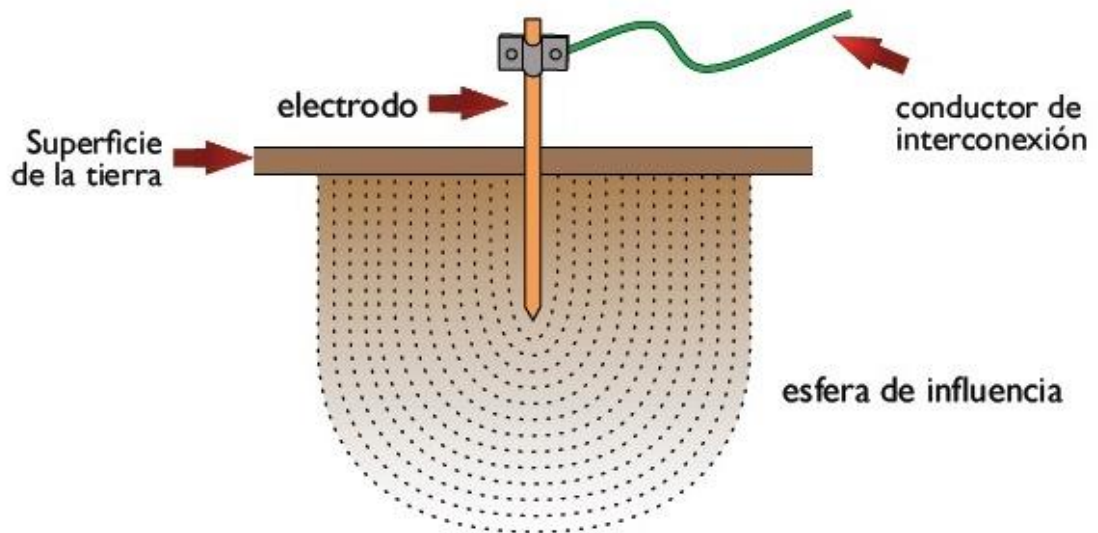


Soldar y fijar con abrazaderas (perros) el cable de puesta a tierra puede proporcionar una conexión más fuerte que simplemente fijar con abrazaderas

En una torre, una barra central de cobre puede servir como punto de distribución para varias piezas del equipo.

## Componentes del sistema de puesta tierra

El sistema de electrodo de puesta a tierra comprende:



12

Múltiples factores pueden afectar la resistencia del suelo:

- Humedad del suelo
- Cantidad de electrolitos
- Tipos de electrolitos
- Conductores adyacentes
- Temperatura
- Profundidad del electrodo
- Diámetro del electrodo
- Distancia de espaciado del/los electrodo(s)

Un electrodo de puesta a tierra es un conductor metálico (p.ej. barra, tubo, placa, anillo u otro objeto metálico) en contacto con el suelo, usado para establecer un paso de corriente de baja resistencia a la tierra.

Un sistema de electrodos de puesta a tierra es una red conectada de electrodos puestos a tierra que se usa para lograr una baja resistencia aún mejor.

Estos son diferentes ejemplos de los dispositivos reales que transfieren corriente a la tierra. En general, a mayor profundidad y mayor contacto entre el metal y la tierra, mejor será la puesta a tierra.

Recuerde que el campo eléctrico se extiende en un volumen que rodea al electrodo, así que cuando se tienen varios electrodos de puesta a tierra, estos deben estar lo más separados posible para que sean efectivos.

### Gráficos de la Instalación de Puesta a Tierra en una Torre

