



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**RED DE REPETIDORAS ENLAZADAS VIA SATÉLITE PARA TELEVISIÓN  
DIGITAL CON CONTRIBUCIONES LOCALES POR IPTV PARA GUATEMALA**

**Elvin Donald Ajquejay Miculax**

Asesorado por el Ing. José Estuardo Morales Quiñonez

Guatemala, noviembre de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**RED DE REPETIDORAS ENLAZADAS VIA SATÉLITE PARA TELEVISIÓN  
DIGITAL CON CONTRIBUCIONES LOCALES POR IPTV PARA GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**ELVIN DONALDO AJQUEJAY MICULAX**

ASESORADO POR EL ING. JOSÉ ESTUARDO MORALES QUIÑONEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Armando Alonso Rivera Castillo
EXAMINADOR	Ing. Guillermo Antonio Puente Romero
EXAMINADOR	Ing. Byron Odilio Arrivillaga Méndez
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **RED DE REPETIDORAS ENLAZADAS VIA SATÉLITE PARA TELEVISIÓN DIGITAL CON CONTRIBUCIONES LOCALES POR IPTV PARA GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 17 de enero de 2008.

**Elvin Donald Aiquejay Miculax**

Guatemala 13 de Agosto de 2010

Ingeniero  
Carlos Guzmán  
Coordinador del Área de Electrónica  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señor Coordinador:

De manera atenta envío a usted el trabajo de tesis elaborado por el señor Elvin Donaldo Ajquejay Miculax, titulado: RED DE REPETIDORAS ENLAZADAS VÍA SATÉLITE PARA TELEVISIÓN DIGITAL CON CONTRIBUCIONES LOCALES POR IPTV PARA GUATEMALA.

En mi calidad de asesor le informo que he revisado el mencionado trabajo y me permito sugerir el mismo para su aprobación e impresión ya que considero que reúne los requisitos establecidos para tal fin.

Por tanto, el autor de esta tesis y yo, como su asesor, nos hacemos responsables por el contenido y conclusiones de la misma.

Atentamente,



ING. ESTUARDO MORALES  
COLEGIADO 4311

Ing. José Estuardo Morales Q.

Colegiado 4311

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Ref. EIME 62. 2011.

Guatemala, 20 de FEBRERO 2011.

Señor Director  
Ing. Guillermo Antonio Puente Romero  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

**Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:  
RED DE REPETIDORAS ENLAZADAS VÍA SATÉLITE PARA  
TELEVISIÓN DIGITAL CON CONTRIBUCIONES LOCALES POR  
IPTV PARA GUATEMALA del estudiante Elvin Donaldo  
Ajquejay Miculax, que cumple con los requisitos establecidos para tal  
fin.**

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,  
**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

  
Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar  
Coordinador Área Electrónica



CEGS/sro



REF. EIME 39. 2011.

**El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; ELVIN DONALDO AJQUEJAY MICULAX titulado: RED DE REPETIDORAS ENLAZADAS VÍA SATELITE PARA TELEVISIÓN DIGITAL CON CONTRIBUCIONES LOCALES POR IPTV PARA GUATEMALA. procede a la autorización del mismo.**

**Ing. Guillermo Antonio Puente Romero**



**GUATEMALA, 27 DE MAYO 2,011.**

Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 617.2012

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **RED DE REPETIDORAS ENLAZADAS VIA SATÉLITE PARA TELEVISIÓN DIGITAL CON CONTRIBUCIONES LOCALES POR IPTV PARA GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Elvin Donaldo Aquejay Miculax**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno  
Decano en Funciones

Guatemala, 23 de noviembre de 2012.



/gdech

## **ACTO QUE DEDICO A:**

**Sebastián Ajquejay**

Mi querido padre que con esfuerzo, dedicación y con todas sus posibilidades me apoyó para estudiar Bachillerato y abrir la posibilidad de ir a la universidad. Por todo su esfuerzo durante mi niñez y juventud siempre trató de confortarme para tratar de llenar el vacío de mi “mama”.

**Carmela Yancoba**

Descanse en paz, por los años que compartimos y junto a mi padre trabajó por apoyarme para lograr una mejor calidad de vida.

**Dra. Claudia Atz Tuy**

Que con su ejemplo se ha convertido en mi referente de superación y con su gran labor me llena de bendición día tras día. Gracias mi amor por la fortaleza y el ánimo que inyectaste a mi vida.

**Juan Ajquejay y Ajquejay**

Mi tío, que junto a su esposa Vidalia y todos mis primos abrieron las puertas de su casa para encontrar mi segunda familia y me animaron a seguir siempre adelante.

**Maria Ajquejay y Ajquejay**

Mi tía, que también abrió las puertas de su casa y su hogar para brindarme abrigo, comida y cariño.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Ing. Estuardo Morales**

Por su apoyo y supervisión.

**Ing. Edgar Sandoval**

Por brindarme la oportunidad de trabajar en Canal 3 y permitirme hacer carrera en un tema tan atractivo. Gracias por su confianza y liderazgo.

**Ing. Antonio Rivera**

Por compartir su amplio conocimiento en el ramo televisivo sin ningún egoísmo.

**Departamento Técnico**

Por compartir, apoyar y entender la dualidad de trabajo y universidad, en especial a los compañeros de operaciones técnicas.

# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XIX
GLOSARIO.....	XXIII
RESUMEN.....	XXXV
OBJETIVOS.....	XXXVII
INTRODUCCIÓN.....	XXXIX
1. TELEVISIÓN DIGITAL.....	1
1.1. Estándar ATSC .....	2
1.1.1. Sistema de transmisión.....	3
1.1.2. Transmisión y recepción de la señal de video en ATSC.....	4
1.1.3. Codificación de la señal de video.....	6
1.1.4. Decodificación de señal de video.....	6
1.1.5. Modulación 8-VSB para televisión digital terrestre (TDT) .....	7
1.1.5.1. Modulador 8-VSB .....	8
1.1.6. Cuadro de datos VSB .....	11
1.1.6.1. Segmento de datos ATSC.....	13
1.1.7. Características del sistema de modulación 8-VSB y 16-VSB....	15
1.2. Transición de la Televisión Analógica a la Digital.....	16
1.2.1. Criterio de asignación de frecuencias para DTV en EE.UU. ....	16
1.2.2. Asignación de frecuencias para DTV.....	17
1.2.3. Implementaciones para la transición de las emisiones de televisión analógica a digital .....	19
1.2.3.1. Infraestructura analógica existente .....	19
1.2.3.2. Infraestructura digital SDI existente.....	21

1.2.3.3.	Infraestructura existente SDI y nueva planta en HDTV .....	22
1.2.3.4.	Infraestructura en HDTV .....	24
2.	ESTACIÓN TERRENA PARA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE.....	27
2.1.	Antenas.....	28
2.1.1.	Antenas alimentadas por el foco central.....	28
2.1.2.	Antena descentrada.....	30
2.1.3.	Antenas parabólicas geometría.....	30
2.1.4.	Parámetros de la antena .....	31
2.1.4.1.	Ganancia de la antena .....	31
2.1.4.2.	Abertura del haz.....	33
2.1.4.3.	Lóbulos laterales.....	34
2.1.4.4.	Ancho de banda .....	36
2.2.	Seguimiento de la antena .....	36
2.2.1.	Ángulos de visibilidad hacia los satélites geoestacionarios .....	36
2.2.2.	Distancia hasta el satélite.....	38
2.2.3.	Ángulo de elevación .....	38
2.2.4.	Ángulo de acimut .....	38
2.3.	Amplificadores de potencia .....	39
2.3.1.	Potencia nominal .....	39
2.3.2.	Tipos de amplificadores de potencia .....	39
2.3.2.1.	Amplificadores de potencia de estado sólido .....	40
2.4.	Diseño de estaciones terrenas .....	43
2.4.1.	Objetivos de rendimiento .....	44
2.4.2.	Cómputo de enlace .....	44
2.4.2.1.	Relación portadora/ruido .....	44
2.4.2.2.	Ecuación de enlace .....	45
2.4.2.3.	Potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) .....	46

2.4.2.4.	Ganancia de la antena.....	46
2.4.2.5.	Pérdidas de transmisión.....	47
2.4.2.5.1.	Pérdidas en el espacio libre .....	47
2.4.2.5.2.	Pérdidas atmosféricas .....	49
2.4.2.5.3.	Efectos de la lluvia .....	49
2.4.2.5.4.	Pérdidas por seguimiento .....	50
2.4.2.6.	Temperatura de ruido del sistema .....	51
2.4.2.6.1.	Temperatura de ruido de las antenas ..	52
2.4.2.7.	Factor de calidad .....	54
2.4.2.8.	Relación portadora a ruido .....	54
2.4.2.9.	Impacto de la G/T en la rentabilidad del servicio ...	55
3.	REPETIDORA DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE .....	57
3.1.	Recepción satelital .....	57
3.1.1.	Plato parabólico para recepción satelital .....	57
3.1.1.1.	Ganancia.....	58
3.1.1.2.	Eficiencia.....	58
3.1.1.3.	Ancho del haz y patrones de lóbulo lateral .....	58
3.1.1.4.	Ruido .....	59
3.1.2.	Amplificador de bajo ruido .....	60
3.1.2.1.	Temperatura de ruido y figura de ruido.....	60
3.1.3.	Receptores satelitales .....	60
3.1.3.1.	Tasa señal-a-ruido y calidad de imagen .....	61
3.1.3.2.	Umbral-tasa de error de bit en receptor digital.....	61
3.2.	Transmisión de televisión digital terrestre .....	61
3.2.1.	Planta repetidora.....	62
3.2.1.1.	Ambientes y dimensiones.....	62
3.2.2.	Torre de transmisión.....	64
3.2.2.1.	Dimensiones de la torre .....	65

3.2.2.2.	Número y distribución de anclas .....	66
3.2.2.3.	Cimentaciones .....	67
3.2.2.4.	Señalización.....	69
3.2.3.	Instalación eléctrica .....	69
3.2.3.1.	Diseño de la instalación eléctrica .....	70
3.2.3.2.	Sistema de tierra física.....	72
3.2.3.2.1.	Halo o Jaula de Faraday .....	73
3.2.3.2.2.	Tierra de protección frente a rayos .....	74
3.2.3.2.3.	Referencia única de tierra.....	75
3.2.3.2.4.	Tierra para planta repetidora .....	75
3.2.4.	Transmisor .....	76
3.3.	Sistema integrado de repetidora.....	77
4.	RED DE REPETIDORAS DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE.....	79
4.1.	Especificaciones de las repetidoras de televisión digital terrestre para Guatemala .....	81
4.1.1.	Planta de transmisión 1 cerro Alux de la red en SFN.....	86
4.1.2.	Repetidora 2, El Ingeniero de la red en SFN .....	89
4.1.3.	Repetidora 3 Miramundo de la red SFN.....	91
4.1.4.	Repetidora 4 San Cristóbal de la red SFN .....	93
4.1.5.	Repetidora 5 El Boquerón de la red SFN .....	95
4.1.6.	Repetidora 6 El Durazno de la red SFN .....	97
4.1.7.	Repetidora 7 Volcán de Agua de la red SFN .....	99
4.1.8.	Repetidora 8 La Consulta de la red SFN .....	101
4.1.9.	Repetidora 9 Las Escobas de la red SFN.....	103
4.1.10.	Repetidora 10 Quetzaltepeque de la red SFN.....	105
4.1.11.	Repetidora 11 Siete Orejas de la red SFN .....	107
4.1.12.	Repetidora 12 Totonicapán de la red SFN .....	112
4.1.13.	Repetidora 13 Patiobolas de la red SFN .....	114

4.1.14.	Repetidora 14 Santa Cruz de la red SFN.....	115
4.1.15.	Repetidora 15 Yupiltepeque de la red SFN.....	117
4.1.16.	Repetidora 16 San Lucas Tolimán de la red SFN .....	119
4.1.17.	Repetidora 17 San Andrés de la red SFN.....	121
4.1.18.	Repetidora 18 Canchacan de la red SFN.....	123
4.1.19.	Repetidora 19 Momostenango de la red SFN .....	124
4.1.20.	Repetidora 20 Cerro Chino de la red SFN .....	126
4.1.21.	Repetidora 21 Chelac de la red SFN .....	128
4.1.22.	Repetidora 22 Jocotán de la red SFN .....	130
4.1.23.	Repetidora 23 Sacaal de la red SFN .....	131
4.1.24.	Repetidora 24 Santa Eulalia de la red SFN .....	133
4.1.25.	Repetidora 25 San Sebastián de la red SFN .....	135
4.1.26.	Repetidora 26 El Pacayal de la red SFN .....	137
5.	INTERNET PROTOCOL TELEVISION (IPTV).....	141
5.1.	Introducción a IPTV .....	141
5.1.1.	El concepto de IPTV .....	141
5.1.2.	Elementos de red .....	142
5.1.2.1.	El video de cabecera.....	142
5.1.2.2.	El proveedor de servicio de red.....	143
5.1.2.3.	El acceso a la red.....	143
5.1.2.4.	Red de hogar.....	143
5.2.	El Protocolo TCP/IP y el IPTV .....	144
5.2.1.	El Protocolo TCP/IP.....	144
5.2.1.1.	Repaso .....	144
5.2.2.	Entrega de IPTV .....	145
5.2.2.1.	Métodos de entrega .....	146
5.2.2.2.	Masivadifusión .....	146
5.2.2.3.	Video bajo demanda.....	147

5.2.2.4.	Normas de entrega de vídeo .....	148
5.2.2.5.	UDP/RAW y UDP/RTP .....	148
5.2.3.	Sobrecarga RTP .....	150
5.2.4.	El transporte de protocolo en tiempo real (RTP).....	151
5.2.4.1.	Consideraciones del desplazamiento .....	151
5.3.	Componentes de hardware .....	152
5.3.1.	Cajas convertidoras .....	152
5.3.1.1.	Funciones básicas .....	152
5.3.1.2.	Funcionalidad adicional de las cajas convertidoras IPTV .....	153
5.3.2.	Centros de medios y centros extensores .....	153
5.3.2.1.	Información general.....	154
5.3.2.2.	Funcionamiento .....	154
5.3.2.3.	Programa de centro de medios de microsoft .....	154
5.3.2.4.	Extensor del centro de medios.....	155
5.3.2.4.1.	Información general .....	155
5.3.2.4.2.	Operación del producto .....	155
5.3.3.	Servidores .....	156
5.3.3.1.	Servidor de cabecera.....	156
5.3.4.	Servidor de Masivadifusión.....	157
5.3.5.	Servidor de vídeo digital .....	157
5.3.5.1.	Servidor de video bajo demanda .....	158
5.3.5.2.	Servidor de archivos .....	159
5.3.5.3.	Servidores de facturación y administración.....	160
6.	CENTROS DE CONTRIBUCIÓN POR IPTV .....	161
6.1.	Diseño de centro de contribución.....	161

6.1.1.	Edificio .....	162
6.1.2.	Diseño de la instalación eléctrica .....	163
6.1.2.1.	Sistema de tierras.....	164
6.1.3.	La red de centros de contribución .....	165
6.1.3.1.	VDSL.....	166
6.1.3.2.	Opciones de implementación .....	167
6.2.	Ubicación de los centros de contribución local .....	170
6.2.1.	Por número de habitantes de la población.....	170
6.2.2.	Por comunidad lingüística.....	171
CONCLUSIONES .....		175
RECOMENDACIONES .....		179
BIBLIOGRAFÍA.....		183



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Características principales del estándar ATSC para TDT .....	3
2.	Diagrama de bloques de un programa (video+audio), para transmisión digital terrestre en el estándar ATSC.....	4
3.	Proceso de transmisión y recepción de una señal de video en el estándar ATSC .....	5
4.	Codificador con Estimación de Movimiento.....	6
5.	Diagrama de un decodificador para la señal de video .....	7
6.	a) Espectro VSB b) Espectro analógico NTSC .....	8
7.	Diagrama del excitador 8-VSB.....	9
8.	Paquete MPEG-2 que conforma el Flujo de Transporte (TS) .....	9
9.	Paquete MPEG-2 con los 20 bytes de la corrección Reed-Solomon.....	10
10.	Formateo de los datos en VSB .....	13
11.	Segmento de datos ATSC.....	14
12.	Campo de datos ATSC .....	14
13.	Distribución de canales en NTSC y DTV en EE.UU. ....	17
14.	Infraestructura analógica existente y adaptación para HDTV .....	20
15.	Infraestructura SDI existente y adaptación a HDTV .....	21
16.	Infraestructura Digital Serie SDI y HDTV .....	23
17.	Infraestructura en HDTV .....	25
18.	Antena alimentada por el centro .....	29
19.	Geometría básica de una antena Cassegrain.....	30
20.	Geometría de un paraboloide.....	31
21.	Diagrama de radiación de la antena y abertura del haz .....	34

22.	Ganancia de la antena en función del diámetro .....	35
23.	Geometría de la órbita de los satélites geoestacionarios.....	37
24.	Rendimiento típico de un SSPA en términos de la intermodulación de tercer orden .....	41
25.	Enlace satelital típico .....	43
26.	Efectos de los parámetros del enlace en la calidad de servicio .....	45
27.	Temperatura de ruido de una antena en función del ángulo de elevación.....	53
28.	Cálculo de patrones de lóbulo de antena. ....	59
29.	Distribución de ambientes y elementos en repetidora de televisión digital terrestre.....	64
30.	Vista de elevación de torre arriostrada de 54 metros con sus respectivos tirantes.....	66
31.	Vista en planta de la torre con sus 6 anclas distribuidas a 120 grados .....	67
32.	Distribución de las anclas y base de la torre .....	68
33.	Diagrama de la instalación eléctrica en la planta repetidora .....	71
34.	Anillo de tierra para planta repetidora .....	72
35.	Halo, anillo interior o Jaula de Faraday .....	73
36.	Tierra de protección contra rayos .....	74
37.	La conexión a tierra típica para un sitio de telecomunicaciones .....	76
38.	Sistema integrado en planta repetidora de televisión digital terrestre .....	77
39.	Mapa de Guatemala con las coberturas de toda la red de repetidoras de televisión digital terrestre.....	84
40.	Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre del cerro Alux .....	86
41.	Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 2 de El Ingeniero hacia Zacapa.....	89
42.	Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 2 de El Ingeniero hacia Chiquimula .....	90

43.	Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 3 en Miramundo .....	92
44.	Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 4 en San Cristóbal, Alta Verapaz .....	94
45.	Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 5 en el Boquerón hacia Malacatán .....	95
46.	Mapa de la cobertura de la repetidora de TDT número 5 el Boquerón hacia San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.....	96
47.	Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 6 en el Salamá, Baja Verapaz.....	98
48.	Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 7 en la Antigua Guatemala, Sacatepéquez .....	100
49.	Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 8 en la Consulta, Santa Rosa .....	102
50.	Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 9 en las Escobas, Izabal.....	104
51.	Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 10 en Quetzaltepeque, Chiquimula .....	106
52.	Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 11 en Siete Orejas, Quetzaltenango hacia Quetzaltenango .....	108
53.	Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 11 en Siete Orejas, Quetzaltenango hacia Retalhuleu .....	109
54.	Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 11 en Siete Orejas, Quetzaltenango hacia Mazatenango.....	110
55.	Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 12 en Totonicapán, Totonicapán .....	113
56.	Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 13 en Patiobolas, Huehuetenango .....	115

57.	Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 14 en Santa Cruz, El Quiché.....	116
58.	Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 15 en Yupiltepeque, Jutiapa.....	118
59.	Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 16 en San Lucas Tolimán, Sololá.....	120
60.	Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 17 en San Andrés, Petén.....	122
61.	Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 18 Canchacan, Poptún, Petén.....	123
62.	Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 19 Momostenango, Totonicapán.....	125
63.	Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 20 Cerro Chino, Escuintla hacia Amatitlán.....	126
64.	Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 20 Cerro Chino, Escuintla hacia Escuintla.....	127
65.	Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 21 Chelac, Alta Verapaz hacia Chisec.....	128
66.	Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 21 Chelac, Alta Verapaz hacia Cahabón.....	129
67.	Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 22 Jocotán, Chiquimula.....	130
68.	Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 23 Sacaal, Petén.....	132
69.	Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 24 Santa Eulalia, Huehuetenango.....	133
70.	Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 25 San Sebastián, Huehuetenango.....	135

71.	Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 26 El Pacayal hacia Nueva Concepción .....	138
72.	Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 26 El Pacayal hacia Puerto San José .....	138
73.	Elementos fundamentales de red IPTV .....	142
74.	TCP/IP encapsulado en un encabezado LAN.....	145
75.	IPTV se puede entregar a través de la difusión y unidifusión de vídeo a la carta (VOD) de transmisión. (STB, set-top box) .....	147
76.	Entrega de MPEG-2 a través de IP .....	149
77.	Edificio de un centro de contribución de cabera departamental.....	163
78.	Diagrama de barras de la instalación eléctrica en los centros de contribución local .....	164
79.	Anillo de tierra con varillas de cobre.....	165
80.	Diagrama de red de centro de contribución local hasta estudios de televisión digital .....	168
81.	Servidores de la red de centros de contribución local .....	169
82.	Mapa lingüístico de Guatemala .....	173

## TABLAS

I.	Características de la modulación 8-VSB y 16-VSB .....	15
II.	Comparación de los dispositivos de FET de GaAs en los SSPA .....	42
III.	Características de un SSPA tipo.....	42
IV.	Ejemplo de atenuación atmosférica .....	49
V.	Características de desempeño de las estaciones terrenas (banda C eficiencia de las antenas: 70%) .....	50
VI.	Características de desempeño de las estaciones terrenas (banda Ku eficiencia de las antenas: 60%) .....	51
VII.	Dimensiones y volumen de las zapatas que forman anclaje de torre .....	69

VIII.	Descripción de los diferentes circuitos eléctricos de la repetidora .....	70
IX.	Contorno de servicio para transmisión de televisión NTSC .....	82
X.	Contorno de servicio para transmisión de televisión ATSC .....	83
XI.	Ubicación de los sitios de la red de repetidoras de TDT para Guatemala con las poblaciones correspondientes .....	85
XII.	Parámetros de diseño de la planta de transmisión de cerro Alux en la NFS. ....	87
XIII.	Municipios y poblaciones que cubre la planta de transmisión de TDT del Cerro Alux .....	88
XIV.	Parámetros de diseño de la repetidora de TDT número 2, en El Ingeniero, de la SFN .....	90
XV.	Municipios y poblaciones que cubre la repetidora de TDT El Ingeniero .....	91
XVI.	Parámetros de diseño de la repetidora de TDT número 3, en Miramundo, de la SFN .....	92
XVII.	Municipios y poblaciones que cubre la repetidora de TDT del Ingeniero.....	93
XVIII.	Parámetros de diseño de la repetidora de TDT número 4, en San Cristóbal, Alta Verapaz .....	93
XIX.	Municipios y poblaciones que cubre la repetidora de TDT del Ingeniero.....	94
XX.	Parámetros de diseño de la repetidora de TDT número 5, en El Boquerón, San Marcos.....	96
XXI.	Municipios y poblaciones que cubre la repetidora de TDT de El Boquerón, San Marcos.....	97
XXII.	Parámetros de diseño de la repetidora de TDT número 6, en Salamá, Baja Verapaz.....	98
XXIII.	Municipios y poblaciones que cubre la repetidora de TDT de Salamá, Baja Verapaz.....	99

XXIV.	Parámetros de diseño de la repetidora de TDT número 7, Antigua Guatemala, Sacatepéquez.....	100
XXV.	Municipios y poblaciones que cubre la repetidora de TDT de Antigua Guatemala, Sacatepéquez.....	101
XXVI.	Parámetros de diseño de la repetidora de TDT número 8, La Consulta, Santa Rosa .....	102
XXVII.	Municipios y poblaciones que cubre la repetidora de TDT de La Consulta, Santa Rosa.....	103
XXVIII.	Parámetros de diseño de la repetidora de TDT número 9, Las Escobas, Izabal .....	104
XXIX.	Municipios y poblaciones que cubre la repetidora de TDT de Las Escobas, Izabal .....	105
XXX.	Parámetros de diseño de la repetidora de TDT número 10, Quetzaltepeque, Chiquimula.....	105
XXXI.	Municipios y poblaciones que cubre la repetidora de TDT de Quetzaltepeque, Chiquimula. ....	106
XXXII.	Parámetros de diseño de la repetidora de TDT número 11, Siete Orejas, Quetzaltenango .....	107
XXXIII.	Municipios y poblaciones que cubre la repetidora de TDT de Siete Orejas, Quetzaltenango .....	111
XXXIV.	Parámetros de Diseño de la repetidora de TDT número 12,.....	113
XXXV.	Municipios y poblaciones que cubre la repetidora de TDT de Totonicapán, Totonicapán.....	114
XXXVI.	Parámetros de diseño de la repetidora de TDT número 13, Patiobolas, Huehuetenango.....	114
XXXVII.	Municipios y poblaciones que cubre la repetidora de TDT de Patiobolas, Huehuetenango .....	115
XXXVIII.	Parámetros de diseño de la repetidora de TDT número 14, Santa Cruz, Quiché.....	116

XXXIX.	Municipios y poblaciones que cubre la repetidora de TDT de Santa Cruz, Quiché.....	117
XL.	Municipios y poblaciones que cubre la repetidora de TDT de Yupiltepeque, Jutiapa .....	118
XLI.	Parámetros de diseño de la repetidora de TDT número 15, Yupiltepeque, Jutiapa .....	119
XLII.	Parámetros de diseño de la repetidora de TDT número 16, San Lucas Tolimán, Sololá.....	120
XLIII.	Municipios y poblaciones que cubre la repetidora de TDT de San Lucas Tolimán, Sololá.....	121
XLIV.	Parámetros de diseño de la repetidora de TDT número 17, San Andrés, Petén .....	122
XLV.	Municipios y poblaciones que cubre la repetidora de TDT de San Andrés, Petén.....	123
XLVI.	Parámetros de diseño de la repetidora de TDT número 18, Canchacan, Poptún, Petén .....	124
XLVII.	Municipios y poblaciones que cubre la repetidora de TDT de Canchacan, Poptún, Petén .....	124
XLVIII.	Parámetros de diseño de la repetidora de TDT número 19, Momostenango, Totonicapán .....	125
XLIX.	Municipios y poblaciones que cubre la repetidora de TDT de Momostenango, Totonicapán .....	126
L.	Parámetros de diseño de la repetidora de TDT número 20, Cerro Chino, Escuintla .....	127
LI.	Municipios y poblaciones que cubre la repetidora de TDT de Cerro Chino, Escuintla .....	128
LII.	Parámetros de Diseño de la repetidora de TDT número 21, Chelac, San Pedro Carcha, Alta Verapaz .....	129

LIII.	Municipios y poblaciones que cubre la repetidora de TDT de Chelac, San Pedro Carcha, Alta Verapaz .....	130
LIV.	Parámetros de diseño de la repetidora de TDT número 22, Jocotán, Chiquimula.....	131
LV.	Municipios y poblaciones que cubre la repetidora de TDT de Jocotán, Chiquimula.....	131
LVI.	Parámetros de diseño de la repetidora de TDT número 23, Sacaal, Petén .....	132
LVII.	Municipios y poblaciones que cubre la repetidora de TDT de Sacaal, Petén.....	133
LVIII.	Parámetros de diseño de la repetidora de TDT número 24, Santa Eulalia, Huehuetenango .....	134
LIX.	Municipios y poblaciones que cubre la repetidora de TDT de Santa Eulalia, Huehuetenango.....	134
LX.	Parámetros de diseño de la repetidora de TDT número 25, San Sebastián, Huehuetenango .....	136
LXI.	Municipios y poblaciones que cubre la repetidora de TDT de San Sebastián, Huehuetenango.....	136
LXII.	Parámetros de diseño de la repetidora de TDT número 26, El Pacayal, Pochuta, Chimaltenango .....	137
LXIII.	Municipios y poblaciones que cubre la repetidora de TDT de El Pacayal, Pochuta, Chimaltenango.....	139
LXIV.	Comparación de sobrecarga de UDP/RAW y UDP/RTP .....	151
LXV.	VDSL rangos y rangos de transmisión de VDSL .....	166
LXVI.	Datos de población y extensión territorial de los departamentos de Guatemala .....	171
LXVII.	Número de hablantes de los idiomas mayas mayoritarios .....	172



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
$\pi$	3.14159...
<b>Ae</b>	Abertura eficaz de la antena
<b>A</b>	Amperios
<b>B</b>	Ancho de banda de ruido (o ancho de banda ocupado) en Hz
<b>OccBW</b>	Ancho de banda ocupado por la portadora
$w$	Ancho del área de pre-eco
<b>EL</b>	Ángulo de elevación
$\alpha_u$	Ángulo de elevación de la estación terrena transmisora
$\alpha_d$	Ángulo de elevación para el emplazamiento de estación terrena receptora más desfavorable
$\alpha$	Ángulo del gran círculo
<b>AZ</b>	Ángulo de azimut
$L_{rain}$	Atenuación debida a los efectos de lluvia
$k$	Constante de Boltzmann, 1.38E-23 W/°K/Hz
<b>C1</b>	Contorno 1 de la cobertura del transmisor 1
<b>C2</b>	Contorno 2 de la cobertura del transmisor 2
$\beta_{down}$	Diagrama de radiación en enlace descendente.
d1	Diámetro 1 del área de cobertura
$d$	Diámetro de la antena (en metros)
<b>d2</b>	Diámetro2 del área de cobertura.
$\Delta_\phi$	Diferencia de longitud entre la estación terrena y el satélite
$\beta_u$	Diferencia entre la ganancia de cobertura en el borde del haz de recepción del satélite y la ganancia en la dirección de la estación terrena transmisora.

$\beta_d$	Diferencia entre la ganancia en el borde del haz de transmisión del satélite
$d$	Distancia de la estación terrena al satélite
$D$	Distancia de separación entre dos transmisores.
$R$	Distancia del satélite al centro de la Tierra = 42,164 Km
$\eta$	Eficiencia de la antena
$E_b/N_o$	Energía del bit sobre el ruido
$G/T$	Factor de calidad
$G/T_{E/S}$	Factor de calidad de la estación terrena
$X$	Factor de corrección para el ángulo de elevación y el emplazamiento de la estación terrena
$D/U$	Factor de planeación
$\gamma$	Fracción del factor en enlace descendente que se debe usar para el ajuste de factor total
$f$	Frecuencia de funcionamiento
$G_{TdB_i}$	Ganancia de la antena transmisora (en dBi)
$G_{rx}$	Ganancia de recepción en dB
$G$	Ganancia de una antena
$C/TCCI$	Interferencia Cocanal
$C/T_{sat\_im}$	Intermodulación de Transpondedor
$kbps$	Kilobits por segundo
$km$	Kilómetros
$\phi$	Latitud de la estación terrena
$A$	Límite de intermodulación de los HPA a un ángulo de elevación de 10°
$SAT_{im}$	Límite de intermodulación especificado en 4 kHz
$\lambda$	Longitud de onda en el espacio libre
$m_{up}$	Margen en enlace descendente para lluvia y errores de seguimiento.

<b>Mbps</b>	Megabits por segundo
$L_{up}$	Pérdida de trayecto
$L_{down}$	Pérdida de trayecto del enlace descendente
$L_{atm}$	Pérdidas atmosféricas
$L$	Pérdidas de transmisión
$L_{track}$	Pérdidas debidas a errores de seguimiento de antenas.
$L_o$	Pérdidas en el espacio libre
$PIRE_{down}$	PIRE del enlace ascendente
$PIRE_{up}$	PIRE del enlace descendente
$P_{TdBw}$	Potencia de entrada a la antena (en dBW)
$C$	Potencia recibida en dBW
$C/T_{HPAIM}$	Producto de interpolación de los HPAs
<b>R</b>	Radio de cobertura de un transmisor de potencia mayor
<b>r</b>	Radio de cobertura de un transmisor de potencia menor
<b>Ro</b>	Radio de la Tierra (6,378 Km)
<b>dB</b>	Razón logarítmica entre dos cantidades para tener una mediada de algo con respecto a una determinada referencia.
$\tau$	Relación entre el máximo retardo de los pos-ecos
$C/I$	Relación portadora a interferencia
$C/I+N$	Relación portadora a interferencia más ruido
$C/T$	Ruido térmico en el enlace ascendente.
$P_{TdB}$	Ruido térmico en enlace descendente
$T$	Temperatura absoluta del sistema de recepción en °K
$T_{sys}$	Temperatura de ruido del sistema en °K
$T_{ant}$	Temperatura de ruido equivalente de la antena según las indicaciones del fabricante.
$T_e$	Temperatura de ruido equivalente del receptor
$T_o$	Temperatura normal de 290°K
<b>Tx1</b>	Transmisor 1

<b>Tx2</b>	Transmisor 2
<b>Ohmio</b>	Unidad de medida de la resistencia de los materiales al paso de la corriente.
$n_{up}$	Ventaja del diagrama del enlace ascendente
<b>VA</b>	Volt-Amperios
<b>V</b>	Voltios
<b>w</b>	Watts

## GLOSARIO

<b>8-VSB</b>	Vestigial Side Band. Modulación en AM con Banda Lateral Vestigial de 8 niveles discretos de amplitud, especialmente para modular televisión digital terrestre en el estándar ATSC.
<b>ADSL</b>	Asymmetrical Digital Subscriber Lines. Líneas Asimétricas Digitales de Suscripción.
<b>AES/EBU</b>	Audio Engineering Society/European Broadcasting Union. Sociedad que desarrollo un estándar de audio digital.
<b>ARP</b>	Es un protocolo de nivel de red responsable de encontrar la dirección hardware (Ethernet MAC) que corresponde a una determinada dirección IP. Para ello se envía un paquete (ARP request) a la dirección de difusión de la red (broadcast (MAC = xx xx xx xx xx xx)) que contiene la dirección IP por la que se pregunta, y se espera a que esa máquina (u otra) responda (ARP reply) con la dirección Ethernet que le corresponde.
<b>Arriostrada</b>	Se refiere a las torres de telecomunicaciones ancladas al suelo y sujetadas por medio de tirantes o arriostres.
<b>ATM</b>	Asynchronous Transfer Mode. Modo de Transferencia Asíncrona. Es un sistema de comunicación conmutada de alta velocidad. La característica de este sistema es que opera sobre redes LAN y de banda ancha.

<b>ATSC</b>	Advanced Television Systems Committee. Organización que coordina el desarrollo de un Estándar de Televisión Digital, para transmitir señales SDTV y HDTV.
<b>Autosoportadas</b>	Se refiere a las torres que no requieren tirantes y se sostienen por las mismas patas y una cimentación que conforma sus bases
<b>Banda C</b>	Banda de frecuencias para bajar en 3.7 a 4.2 GHz.
<b>Banda Ku</b>	Banda de frecuencias para bajar en 10.950 a 11.700 GHz.
<b>BER</b>	Bit Error Ratio. Tasa de Error de Bit para medir señales digitales
<b>Broadcasting</b>	Masivadifusión o envío de información a un destino masivo.
<b>BTU</b>	Es una unidad de energía inglesa. Es la abreviatura de British Thermal Unit. Se usa principalmente en los Estados Unidos. Ha sido sustituida por el julio que es la unidad correspondiente del Sistema internacional.
<b>Buffer de datos</b>	Es una ubicación de la memoria en una computadora o en un instrumento digital reservada para el almacenamiento temporal de información digital, mientras que está esperando ser procesada.
<b>C/N</b>	Carrier to Noise. Tasa de Portadora a Ruido de la ecuación de enlace.

<b>Canales Rayleigh</b>	Es la dispersión producida cuando la luz atraviesa partículas mucho menores que la longitud de onda de los fotones del rayo luminoso. Al dispersarse, lo que ocurre es que no llega toda la luz al receptor.
<b>Capa de aplicación</b>	Ofrece a las aplicaciones la posibilidad de acceder a los servicios de las demás capas y define los protocolos que utilizan las aplicaciones para intercambiar datos, como correo electrónico (POP y SMTP), gestores de bases de datos y servidor de ficheros (FTP).
<b>Capa enlace datos</b>	Esta capa se ocupa del direccionamiento físico, de la topología de la red, del acceso a la red, de la notificación de errores, de la distribución ordenada de tramas y del control del flujo.
<b>Capa presentación</b>	El objetivo es encargarse de la representación de la información, de manera que aunque distintos equipos puedan tener diferentes representaciones internas de caracteres los datos lleguen de manera reconocible.
<b>Capa de red</b>	El objetivo de la capa de red es hacer que los datos lleguen desde el origen al destino, aún cuando ambos no estén conectados directamente. Los dispositivos que facilitan tal tarea se denominan encaminadores, aunque es más frecuente encontrar el nombre inglés <i>routers</i> y, en ocasiones enrutadores.
<b>Capa de sesión</b>	Esta capa es la que se encarga de mantener y controlar el enlace establecido entre dos computadores que están transmitiendo datos de cualquier índole.

<b>Capa de transporte</b>	Capa encargada de efectuar el transporte de los datos (que se encuentran dentro del paquete) de la máquina origen a la de destino, independizándolo del tipo de red física que se esté utilizando.
<b>Capa física</b>	Es la que se encarga de las conexiones físicas de la computadora hacia la red, tanto en lo que se refiere al medio físico como a la forma en la que se transmite la información.
<b>Corrimiento Doppler</b>	Es el aparente cambio de frecuencia de una onda producido por el movimiento de la fuente respecto a receptor.
<b>Diagrama radiación</b>	También conocido como Patrón de Radiación y se utiliza para indicar la manera en que se distribuye la energía de un transmisor en el espacio.
<b>Distancia focal</b>	Es la distancia del foco de la antena a cada uno de los puntos de reflexión de una antena.
<b>Distorsión</b>	Se entiende por distorsión la diferencia entre señal que entra a un equipo o sistema y la señal de salida del mismo. Por tanto, puede definirse como la "deformación" que sufre una señal tras su paso por un sistema. La distorsión puede ser lineal o no lineal. Si la distorsión se da en un sistema óptico recibe el nombre de aberración.
<b>DOCR</b>	Digital On Channel Repeater. Repetidora Digital que recibe la señal y retransmite en la misma frecuencia.

<b>Dolby-AC3</b>	Estándar de compresión de audio desarrollado por los laboratorios Dolby de EE. UU. Este sistema está preparado para comprimir seis canales de audio digitales.
<b>DVB-T</b>	Digital Video Broadcasting – Terrestrial. Estándar DVB para Televisión Digital Terrestre. La norma EN 300 744 del ETSI, versión 1.1.2 de 1997, define la Estructura de Cuadro, Codificación del Canal y Sistema de Modulación, para Sistemas de Televisión Terrestre.
<b>ECC</b>	Codificación de corrección de error (Error Correction Code) es usualmente utilizado en sistemas de transmisión.
<b>ERP</b>	Effective Radiated Power. Potencia Radiada Efectiva de un transmisor hacia el aire por medio de una antena.
<b>Ethernet</b>	Es un estándar de redes de computadoras de área local con acceso al medio por contienda CSMA/CDs ("Acceso Múltiple por Detección de Portadora con Detección de Colisiones"), es una técnica usada en redes Ethernet para mejorar sus prestaciones. El nombre viene del concepto físico de <i>ether</i> .
<b>Fase diferencial</b>	Es un tipo de distorsión no lineal. Modificación de la fase de la crominancia respecto a la amplitud de la luminancia.
<b>FEC</b>	Forward Error Correction. Representa un código convolucional en el codificador Trellis.
<b>Feed</b>	Alimentador, especialmente utilizado para antenas parabólicas.

<b>FET</b>	Fiel Effect Transistor. Transistor de Efecto de Campo.
<b>FTP</b>	File Transfer Protocol. Protocolo de Transferencia de Archivos; en informática, es un protocolo de red para la transferencia de archivos entre sistemas conectados a una red TCP (Transmission Control Protocol), basado en la arquitectura cliente-servidor.
<b>FTTH</b>	Fiber To The Home), conocida como fibra hasta el hogar, se basa en la utilización de cables de fibra óptica y sistemas de distribución ópticos adaptados a esta tecnología para la distribución de servicios avanzados, como el Triple Play: telefonía, Internet de banda ancha y televisión.
<b>GOP</b>	Group of Pictures. Grupo de Imágenes es un conjunto de 12 o 15 imágenes y siempre arranca con una imagen I.
<b>HAAT</b>	Hights Above Averige Terrain. Altura Sobre la Tierra Promedio para predicción de coberturas
<b>HDTV</b>	High Definition Television. Televisión de Alta Definición. Sistema de televisión que tiene una alta calidad de imagen, con una resolución mayor que la televisión convencional.
<b>HPA</b>	High Power Amplifier. Amplificador de Alta Potencia para transmisores de satélite o de televisión abierta.
<b>HPBW</b>	Half Power Beem o puntos de -3 dB del lóbulo principal del diagrama de radiación de la antena.

<b>Interferencia</b>	Es el ruido inducido en una señal por causa de otra señal en la misma frecuencia o en frecuencias armónicas.
<b>IP</b>	Internet Protocol. Protocolo de Internet, es un protocolo no orientado a conexión usado tanto por el origen como por el destino para la comunicación de datos a través de una red de paquetes conmutados. Los datos en una red basada en IP son enviados en bloques conocidos como paquetes o datagramas.
<b>IPTV</b>	Envío de shows de televisión, películas y similar contenido vía redes privadas o públicas basada en IP.
<b>IPv4</b>	Usa direcciones de 32 bits, limitándola a $2^{32} = 4.294.967.296$ direcciones únicas, muchas de las cuales están dedicadas a redes locales (LANs).
<b>ISI</b>	Inter-Symbol Interference. Interferencia Inter-Símbolo debido a canales adyacentes.
<b>LAN</b>	Local Area Network, es la interconexión de varias computadoras y periféricos. Su extensión está limitada físicamente a un edificio o a un entorno de 200 metros, o con repetidores podría llegar a la distancia de un campo de 1 kilómetro.
<b>LNB</b>	Low Noise Block. Bloque de Amplificación de Bajo Ruido que incluye un oscilador local PLL.

<b>MAC</b>	El control de acceso al medio en informática y telecomunicaciones, es el conjunto de mecanismos y protocolos por los que varios "interlocutores" (dispositivos en una red, como ordenadores, teléfonos móviles, etc.) se ponen de acuerdo para compartir un medio de transmisión común.
<b>MCPC</b>	Multi Channel Per Carrier. Portadora de Múltiple Canal para satélite.
<b>Monopolo</b>	un poste utilizado por telefonía que no requiere tantos tirantes que la sujetan.
<b>MPEG-2</b>	Motion Picture Expert Group. Estándar utilizado para audio, video y datos en aplicaciones Broadcast. Se basa en las normas ISO/IEC.
<b>MPEG-4</b>	Estándar de compresión utilizado para video y audio, con tres intervalos distintos de velocidades binarias a) 64 kbps o menos, b) 64 a 384 kbps y c) 384 kbps a 4 Mbps. Comprime más y mejor que MPEG-2.
<b>Multicasting</b>	Multidifusión o envío de información a más de un destino.
<b>NTSC</b>	National Television Standard Committee. Sistema de TV en color creado por EE.UU.
<b>PIRE</b>	Power Isotropic Reflected Effective. Potencia Isotrópica efectiva radiada por cualquier sistema de antenas

<b>PLL</b>	Phase Loop Locked. Circuito para el enganche de las portadoras de la señal del transmisor de televisión o cualquier otra señal.
<b>Polarización</b>	Es la posición según coordenadas en que viaja una onda electromagnética utilizando como referencia el campo Eléctrico y puede ser lineal en polaridad vertical u horizontal o circular derecha o circular izquierda.
<b>QPSK</b>	Quadrature Phase Shift Key. Modulación en Cuadratura de Fase.
<b>RAID</b>	Redundant Array of Independent Disks, «conjunto redundante de discos independientes», es un sistema de almacenamiento que usa múltiples discos duros o SSD entre los que distribuye o replica los datos. Dependiendo de su configuración o nivel, los beneficios de un RAID respecto a un único disco son uno o varios de los siguientes: mayor integridad, mayor tolerancia a fallos, mayor <i>throughput</i> (rendimiento) y mayor capacidad.
<b>Router</b>	El enrutador o encaminador es un dispositivo de hardware para interconexión de red de ordenadores que opera en la capa tres (nivel de red). Un enrutador es un dispositivo para la interconexión de redes informáticas que permite asegurar el enrutamiento de paquetes entre redes.
<b>RS</b>	Es un poderoso sistema de protección y corrección de errores. En el estándar ATSC, a cada paquete MPEG-2 de 188 bytes de carga total, se le adicionan 20 bytes RS al final del mismo. Lo que le da una longitud total de 208 bytes.

<b>RTP</b>	Real Time Transport Protocol, Protocolo de Transporte en Tiempo Real. Es un protocolo de nivel de sesión utilizado para la transmisión de información en tiempo real, como por ejemplo audio y vídeo en una video-conferencia.
<b>SDI</b>	Serial Digital Interface. Interface Digital Serie. Es el flujo de bits que se transmiten de video y existe en SDI-270, SDI-360 y SDI-540 para una tasa de bits de 270, 360 y 540 Mbps respectivamente.
<b>SDTV:</b>	Standard Digital Television. Televisión Digital Estándar. Es una televisión cuya señal es SDI en 270 ó 360 Mbps, puede tener una relación de aspecto 4:3 ó 16:9.
<b>SMPTE-274M</b>	Estándar de televisión que trata las interfaces y barridos para 1929x1080. Incluye barrido entrelazado y progresivo. Año 1995.
<b>SMPTE-392M</b>	Estándar que trata sobre la señal de HDTV digital a 1.98 Gbps.
<b>SNF</b>	Single frequency Networks. Red de Frecuencia Única para repetidoras de televisión digital terrestre.
<b>SSPA</b>	State Solid Power Amplifier. Amplificador de Potencia de Estado Sólido.
<b>TCP/IP</b>	Es la base de Internet, y sirve para enlazar computadoras que utilizan diferentes sistemas operativos, incluyendo PC, minicomputadoras y computadoras centrales sobre redes de área local (LAN) y área extensa (WAN).

<b>TCP</b>	Muchos programas dentro de una red de datos compuesta por computadoras pueden usar TCP para crear <i>conexiones</i> entre ellos a través de las cuales puede enviarse un flujo de datos. El protocolo garantiza que los datos serán entregados en su destino sin errores y en el mismo orden en que se transmitieron.
<b>TWTA</b>	Transversal Wave Tube Amplifier. Amplificador de Tubo de Onda Progresiva.
<b>UDP</b>	User Datagram Protocol, es un protocolo del nivel de transporte basado en el intercambio de datagramas. Permite el envío de datagramas a través de la red sin que se haya establecido previamente una conexión, ya que el propio datagrama incorpora suficiente información de direccionamiento en su cabecera.
<b>Unicasting</b>	Unica difusión o envío de información a un solo destino.
<b>VDSL</b>	Very-high-bitrate Digital Subscriber Lines. Muy alta tasa de bit de Líneas Digitales de Suscripción.
<b>VLD</b>	Variable Length Decoding. Decodificador de Longitud Variable.
<b>VoIP</b>	Voz sobre Protocolo de Internet, también llamado Voz IP, es un grupo de recursos que hacen posible que la señal de voz viaje a través de Internet empleando un protocolo IP (Protocolo de Internet).

**WAN**

Son redes que se extienden sobre un área geográfica extensa. Contiene una colección de máquinas dedicadas a ejecutar los programas de usuarios (hosts). Estos están conectados por la red que lleva los mensajes de un host a otro. Estas LAN de host acceden a la subred de la WAN por un router. Suelen ser por tanto redes punto a punto.

**WiFi**

La norma IEEE 802.11 fue diseñada para sustituir el equivalente a las capas físicas y MAC de la norma 802.3 (Ethernet). Esto quiere decir que en lo único que se diferencia una red Wi-Fi de una red Ethernet es en cómo se transmiten las tramas o paquetes de datos; el resto es idéntico.

## RESUMEN

El período de transición de la televisión analógica a digital ha iniciado en la televisión nacional, pero oficialmente por parte de la SIT se desconoce el estándar que deberá adoptar el país, ha existido cierta discusión para lograr un consenso entre canales nacionales, autoridades y experimentados en el tema para aprobar uno de los estándares disponibles. El presente trabajo de graduación se hace bajo el supuesto de que se utilizará el estándar ATSC para Guatemala y por lo cual se debe conocer el sistema de digitalización MPEG-2, modulación y toda la cadena de transmisión que se hace desde la producción en estudios, enlace satelital y retransmisión en las repetidoras digitales terrestres.

La experiencia de los Estados Unidos, en cuanto a la asignación de frecuencias para los canales de televisión existentes en el período de transición de analógico a digital brinda muy buena información para que la SIT dicte las políticas a aplicar para tal migración de frecuencias y de estándar. También es importante para los canales de televisión existentes conocer las opciones según el equipo existente, las necesidades de producción y los recursos económicos con que se cuenta para tomar una decisión correcta en cuanto al equipamiento de la estación.

Una estación terrena satelital se requiere como transmisor para un enlace de los estudios al satélite y del satélite a cualquier punto de Guatemala, como mínimo. El diseño de tal enlace determina equipo, parámetros y factores óptimos para el canal o los canales que se deseen poner en sus respectivas redes de repetidoras de televisión digital terrestre a través de un satélite que brinde el segmento satelital y potencia correctos para garantizar buena señal en cada sitio de repetición.

Conocer equipo y condiciones necesarias para el funcionamiento de la televisión digital terrestre durante el período de transición, la interrelación de cada sitio que conforman la red, para prevenir interferencias entre repetidoras, garantizar una buena recepción en los hogares con la mayor cobertura posible se explican atendiendo unas prácticas recomendadas por la ATSC, apoyados en la FCC y los conocimientos de personal de canal 3, tomando como base sus repetidoras existentes en el supuesto que se le asigne el canal 19 como frecuencia única para conformar una red que de cobertura a toda Guatemala.

Conocer el IPTV como una herramienta para enviar distintos contenidos desde las cabeceras departamentales hasta los estudios de por medio del internet, para fortalecer la producción local y favorecer la comunicación del país, especialmente programas en directo explotando el IPTV a través de una propuesta práctica para la implementación en Guatemala.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseño de red de repetidoras enlazadas por medio de satélite para Televisión Digital Terrestre con Centros de Contribución local vía IPTV para toda Guatemala.

### **Específicos**

1. Describir técnicamente la mejor configuración de estación terrena para enlazar con satélite.
2. Explicar el funcionamiento de Internet Protocol Television.
3. Especificar técnicamente la implementación de repetidoras de televisión digital para Guatemala.
4. Determinar cantidad y ubicación de repetidoras de televisión digital para obtener cobertura total en Guatemala.
5. Especificar técnicamente la implementación de centros de contribución de televisión local.
6. Delimitar cantidad y ubicación de centros de contribución de televisión local



## INTRODUCCIÓN

Los medios de comunicación masivos y personalizados juegan un papel muy importante para el entretenimiento, el comercio y lo debería ser también para la formación de los ciudadanos. En Guatemala existen demandas de acceso a la radio y la televisión por parte de activistas sociales y otros empresarios que desean invertir en los medios de comunicación, para quienes el eterno problema es un espectro radioeléctrico limitado; sin embargo el avance vertiginoso de la tecnología ha facilitado el acceso a medios de producción y difusión, así como aprovechar de mejor manera el espectro radioeléctrico; actualmente el reto para la población en general está en buscar las formas de poder implementar y concretizar el acceso a la radio y televisión digital, internet, entre otros.

Este trabajo pretende contribuir al entendimiento de la televisión digital y el IPTV (*Internet Protocol Television*) por medio de las experiencias que otros países tienen con la incorporación de la televisión SDTV y/o HDTV, específicamente en el formato ATSC. Considerando que el país entero tiene el derecho de acceder, en algún momento, a la televisión digital se plantea una red de repetidoras con la cual se pueda lograr una cobertura total del país. Para lograr los objetivos se realizó investigación en libros, internet, entrevistas con personas que tienen experiencia teórica, y práctica de la televisión nacional y autoridades de Gobierno, con ello poder obtener conclusiones favorables para el Estado, empresas y usuarios.

Se debe resaltar que oficialmente no existe un pronunciamiento por parte de la Superintendencia de Telecomunicaciones en declarar uno de los cuatro estándares que existen para televisión digital en la actualidad, como el sistema que Guatemala adoptará, pero por algunos factores económicos, culturales y políticos es más probable que se

implemente el estándar ATSC. Por lo cual en el primer capítulo se explica el sistema ATSC que se está implementando por parte de Canal 3, con lo cual se conocen los parámetros y elementos que conforman dicho sistema y con ello poder diseñar la red de repetidoras para todo el país que logren una cobertura total con un aprovechamiento al cien por ciento del espectro radioeléctrico.

El estudio pretende obtener especificaciones técnicas como ubicación, potencia de radiación, entre otras para garantizar la implementación de la red de repetidoras. Finalmente se definirá lo que es la televisión digital en protocolo de internet (IPTV) para lograr su aprovechamiento a través de centros locales de contribución, que podrán enviar material audiovisual desde la totalidad del país donde se tenga un acceso al Internet o a la fibra óptica.

# 1. TELEVISIÓN DIGITAL

En 1982 el Comité Consultatif International des Radiocommunications, desarrolló el estándar CCIR-601, actualmente ITU-R.BT.601; éste, ha sido el primer estándar internacional de televisión digital para estudio, el cual prevé la digitalización de la señal de video analógica por componentes, con una resolución de cuantificación de 8 ó 10 bits por muestra de resolución y una arquitectura de muestreo 4:2:2, en la cual tenemos que la frecuencia de muestreo del canal de luminancia es de 13.5 MHz y la frecuencia de muestreo para cada una de las señales diferencia de color (Cb y Cr), es de 6.75 MHz. En la actualidad, cuando se digitaliza una señal de video, por componentes, se realiza con una resolución de 10 bits, se mantiene la arquitectura de muestreo de 4:2:2 para Estudio y 4:2:0 para señales utilizadas en compresión; aunque también se emplean hoy día, señales en 4:2:2, para compresión.

Para poder transmitir señales digitales, en el espectro de la televisión analógica, había que sortear dos problemas básicos; por un lado reducir la velocidad del flujo de datos comprimiendo esa señal, a fin de poder alojarla en el ancho de banda que ocupa un programa de televisión analógico. En la actualidad el ancho de banda que ocupa un canal de televisión analógico puede alojar varios programas de televisión digital estándar o un programa de HDTV. En el caso de la televisión de alta definición (HDTV), la velocidad del flujo de datos que es de 1.48 Gbps, se reduce a una relación de aproximadamente 70:1, a fin de poder transportar ese tren de datos en un canal de 6 MHz.

Si se trata de televisión digital estándar (SDTV), la velocidad del tren de datos de un programa, se reduce de 270 Mbps a una relación de compresión de 13.5:1, se logra mediante la compresión MPEG-2, que fue desarrollada y puesta en práctica a mediados de 1993 y más recientemente una compresión en MPEG-4.

El segundo problema que se presentaba y se debía resolver, era el poder modular el tren de datos MPEG-2, en forma digital o cuasi digital, a fin de poder transmitirlo. Es así que en EE.UU., el ATSC, en conjunto con la Gran Alianza, desarrollan el estándar ATSC para televisión digital terrestre, que emplea la modulación 8-VSB. Para Sistemas Digitales de Cable, este estándar utiliza la modulación 16-VSB; además existen los estándares ISDB-T, DVB-T y el más reciente brasileño.

Podríamos definir a la televisión digital, como la revolución electrónica en imágenes y sonido; la televisión digital terrestre provee una mejor recepción, ya sea en bandas de UHF y VHF, el usuario recibe una alta calidad de imagen y sonido, ya que el video digital, es una señal libre de ruido. Respecto del audio, permite recibir hasta seis canales digitales con sonido *surround*, los servicios multimedia que se pueden desarrollar son innumerables, así como los servicios de interactividad; también es posible utilizar redes de frecuencia única, o sea emplear repetidoras que transmiten y reciben en la misma frecuencia. La recepción portable y móvil, sin duda será una ventaja en muchas aplicaciones.

### 1.1. Estándar ATSC

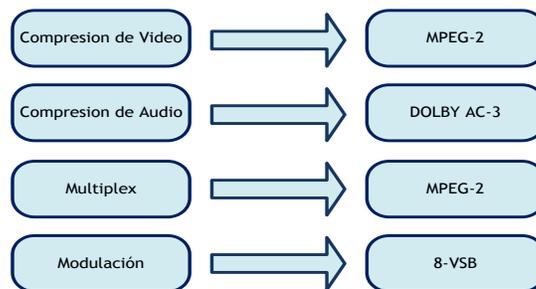
En EE. UU. a mediados de 1993, un grupo de seis empresas y el Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT), formaron un consorcio denominado La Gran Alianza; después de largas pruebas preliminares, donde se compararon los sistemas de modulación 32 QAM y el VSB, este grupo eligió la modulación VSB para la transmisión de la televisión digital. En el año 1994, el grupo ACATS (*Advisory Committee on Advanced Television Service*), aprobó dos modos de modulación. El 8-VSB para televisión digital terrestre y el 16-VSB para sistemas de televisión digital por cable.

Para televisión digital terrestre (TDT) en 6 MHz de ancho de banda del canal, se puede transportar múltiples programas SDTV o un programa digital de HDTV, a una velocidad de 19.39 Mbps. Para sistemas digitales de cable, se requiere una velocidad de datos de 38.78 Mbps. En la figura 1, se muestran las principales características del

estándar ATSC, para sistemas de TDT. En la compresión de video, se adoptaron las especificaciones del estándar MPEG-2, de acuerdo a la norma ISO/IEC 13818-2.

Para el multiplexado de las señales (formato de transporte y protocolo), se adoptaron las especificaciones del estándar MPEG-2, de acuerdo a la norma ISO/IEC 13.818/1. El audio se comprime de acuerdo al estándar Dolby AC-3. El estándar ATSC emplea el sistema de transporte y la sintaxis del estándar MPEG-2, ambos son compatibles con el sistema de transporte ATM.

Figura 1. **Características principales del estándar ATSC para TDT**

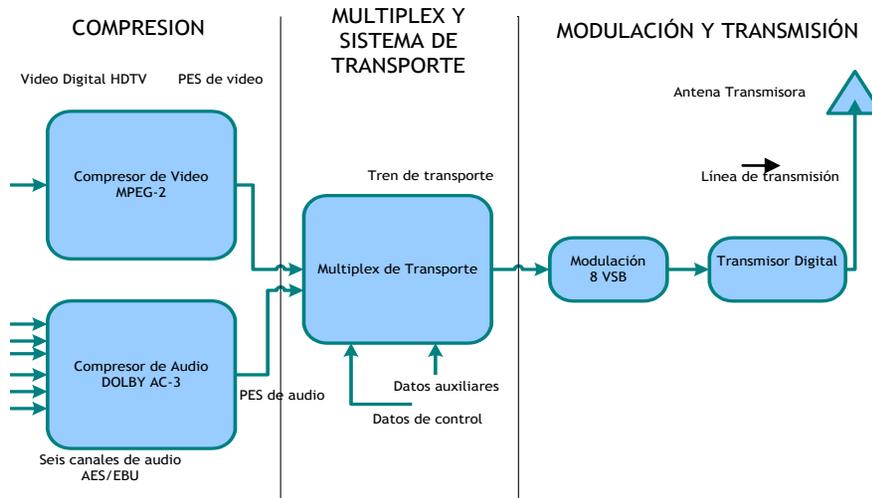


Fuente: SIMONETTA, José. Televisión digital avanzada. p. 280.

### 1.1.1. Sistema de transmisión

La señal de video de entrada es un flujo de datos de HDTV y se comprime bajo el estándar MPEG-2 del MP@HL (*Main Profile@High Level*), el perfil principal contempla la utilización de cuadros (I, B, P), siendo la estructura de muestreo 4:2:0 y el nivel alto tiene un formato de 1,920 muestras por línea activa para un total de 1,152 líneas activas y una velocidad máxima del flujo de datos de 80 Mbps, la señal digital de HDTV en estudio tiene una velocidad binaria de 1.48 Gbps. En la figura 2 se muestra un diagrama de bloques de un sistema de transmisión para TDT, en el estándar ATSC; se destacan tres etapas bien definidas que son: compresión, múltiplex y sistema de transporte y modulación y transmisión

Figura 2. **Diagrama de bloques de un programa (video+audio), para transmisión digital terrestre en el estándar ATSC**



Fuente: SIMONETTA, José. Televisión digital avanzada. p. 281.

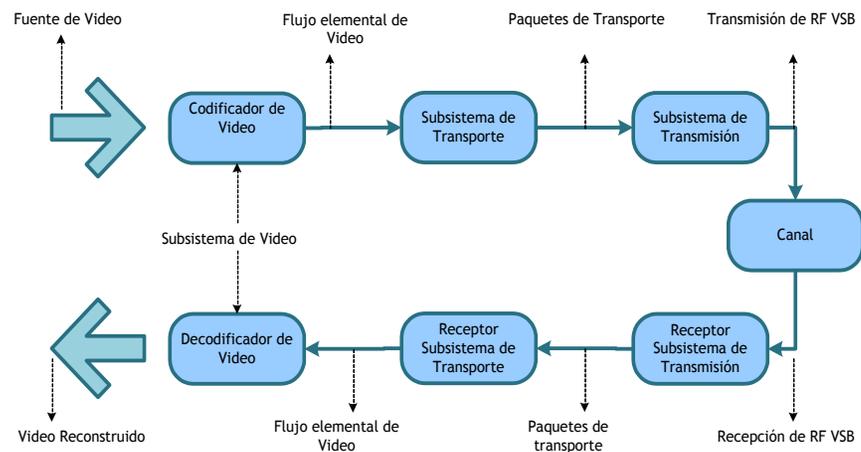
### 1.1.2. **Transmisión y recepción de la señal de video en ATSC**

En la figura 3 se muestra el proceso de codificación - múltiplex y modulación, para un sistema de transmisión de video y el respectivo sistema de recepción, la señal de video de entrada es SDI; la primera etapa corresponde al codificador de video, se comprime la señal con la relación deseada; a la salida tenemos el flujo elemental de video, la próxima etapa constituye el subsistema de transporte, aquí se multiplexan los distintos trenes de datos, en un solo flujo de transporte.

Con este ejemplo solo se tiene flujo de video (ES, *Elementary Stream*) para multiplexar; a la salida del Múltiplex tenemos el (TS, *Transport Stream*), este flujo está constituido por paquetes MPEG-2 de 188 bytes de capacidad cada uno. Luego tenemos el subsistema de transmisión, en realidad aquí tenemos dos etapas a saber: modulación y transmisión. En la primera etapa, el flujo de transporte MPEG-2, es modulado en 8-VSB; luego, este flujo modulado excita al transmisor digital; una vez que la señal de RF

digital es transmitida, el canal representa en este caso, el medio de transmisión digital terrestre (TDT).

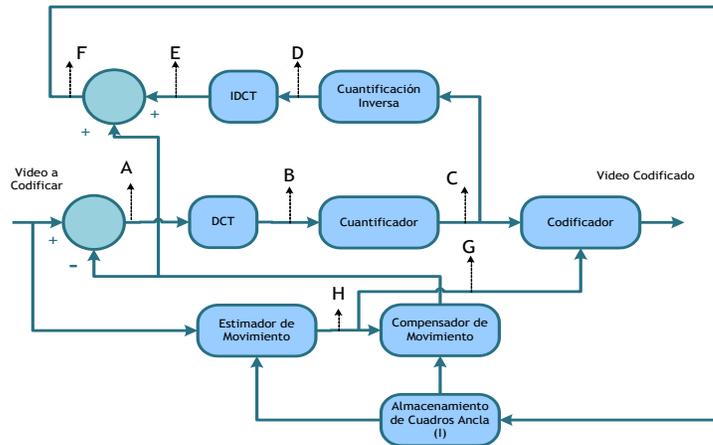
Figura 3. **Proceso de transmisión y recepción de una señal de video en el estándar ATSC**



Fuente: SIMONETTA, José. Televisión digital avanzada. p. 286.

La señal, una vez recibida es desmodulada, aquí se efectúa el proceso inverso al de la transmisión; a la salida del demodulador tenemos el flujo de datos que contiene los paquetes de transporte; el subsistema de transporte en el receptor, efectúa el proceso inverso al realizado por el múltiplex en la transmisión. Esto significa que el flujo de transporte se desmultiplexa y despaquetiza en un flujo elemental de video; el flujo de video comprimido ingresa al decodificador para su descompresión; a la salida del descompresor, tenemos el video digital original o video reconstruido.

Figura 4. **Codificador con Estimación de Movimiento**



Fuente: SIMONETTA, José. Televisión digital avanzada. p. 288.

### 1.1.3. **Codificación de la señal de video**

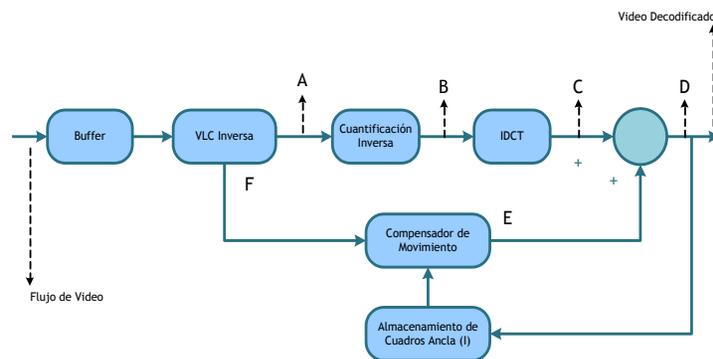
En la figura 4, se representa un codificador de video con un lazo de predicción de movimiento, el lazo de predicción estima el valor de la próxima imagen a codificar de la secuencia de imágenes; la diferencia entre la imagen previa predicha y la imagen actual, es el error de predicción; este error es el que se codifica, si la predicción es acertada, el error de predicción es cero; los errores de predicción, en bloques de 8x8, se procesan por separado para la señal de luminancia y cada una de las señales diferencia de color Cb y Cr, junto a los errores de predicción se codifican los vectores de movimiento.

### 1.1.4. **Decodificación de señal de video**

En la figura 5, el flujo de video codificado ingresa al buffer, los bits son extraídos de éste, mediante el decodificador de longitud variable (VLD); éste reconstruye los bloques de 8x8 de los coeficientes, el próximo paso, consiste en aplicar el proceso de descuantificación, y a continuación la transformación del coseno discreto inversa, de esta manera tenemos los valores de pixel o errores de predicción; para la predicción Inter

cuadros, el decodificador usa los vectores de movimiento recibidos (extraídos del VLC), para realizar la misma operación de predicción, que se había efectuado en la codificación. De esta manera, los errores de predicción recibidos, una vez descuantificados y aplicada la IDCT, se suman con los resultados de la predicción compensada en movimiento, para producir valores de píxeles reconstruidos.

Figura 5. **Diagrama de un decodificador para la señal de video**



Fuente: SIMONETTA, José. Televisión digital avanzada. p. 289.

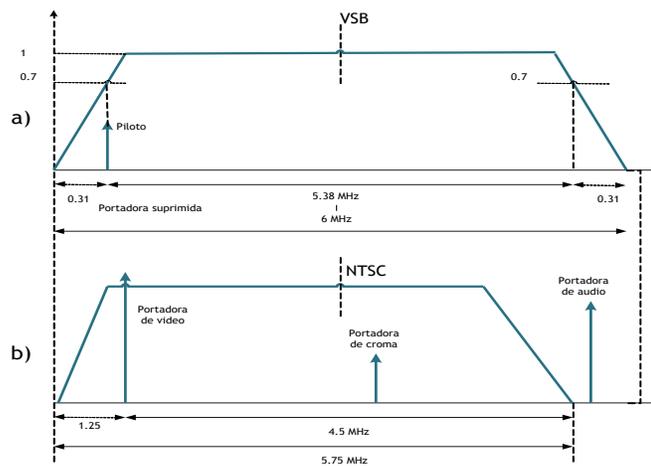
#### 1.1.5. **Modulación 8-VSB para televisión digital terrestre (TDT)**

Para TDT se utiliza la modulación 8-VSB, En la parte b) de la Figura 6, se muestra el espectro para una señal analógica modulada en AM con banda lateral vestigial, la distribución de la energía del espectro está concentrada mayormente en las portadoras de video, audio y croma; en la parte a) se muestra el espectro VSB, este espectro en términos de potencia y ancho de banda, es mucho más eficiente que el espectro de una señal analógica. En VSB, solamente se inserta una señal piloto en el extremo inferior de la banda.

El piloto consume solo 0,3 dB o lo que es lo mismo un 7% de la potencia total transmitida, la función del piloto es proveer el enganche del PLL en el decodificador y es independiente de los datos transmitidos, el espectro VSB es plano y tiene 5,38 MHz

de ancho de banda, para un canal de 6 MHz; en ese espectro, solo se incluye como hemos visto, una pequeña señal que representa al piloto y la portadora suprimida en el borde de la banda.

Figura 6 a) **Espectro VSB** b) **Espectro analógico NTSC**

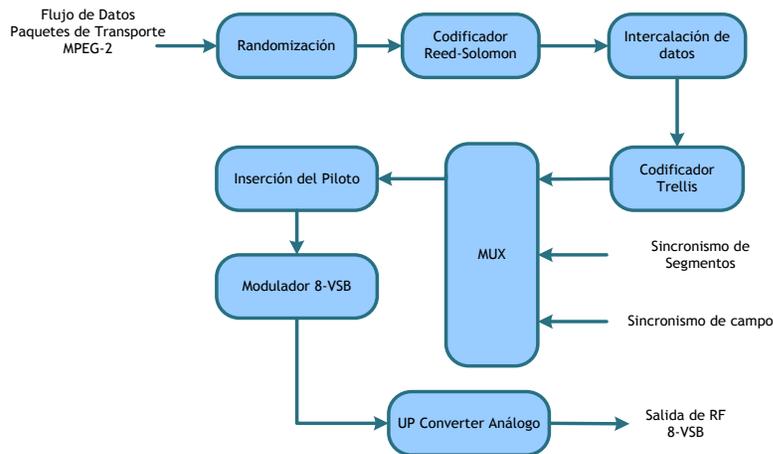


Fuente: SIMONETTA, José. Televisión digital avanzada. p. 296.

### 1.1.5.1. Modulador 8-VSB

En la figura 7 se muestra el diagrama del Excitador o Modulador 8-VSB, el flujo de datos de entrada sigue la sintaxis de MPEG-2, que está compuesto por paquetes MPEG-2 de 188 bytes cada uno. Estos paquetes que conforman el *Transport Stream* (TS), contienen flujos de video, audio y datos de todos los programas comprimidos que se habían multiplexado. En la figura 8 se muestra un paquete MPEG-2 del flujo de datos, que ingresa a la entrada del excitador 8-VSB; cada paquete tiene una cabecera de 4 bytes y 184 bytes de carga útil de datos, la velocidad del flujo de datos a la entrada del excitador es de 19.39 Mbps.

Figura 7. Diagrama del excitador 8-VSB



Fuente: SIMONETTA, José. Televisión digital avanzada. p. 297.

Figura 8. Paquete MPEG-2 que conforma el Flujo de Transporte (TS)



Fuente: SIMONETTA, José. Televisión digital avanzada. p. 298.

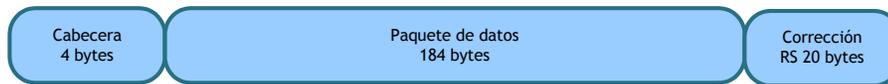
En la primera etapa del modulador, se efectúa la aliatorización de los paquetes MPEG-2 de entrada, esto se logra mediante un registro de desplazamiento que sigue una secuencia Pseudo *Random* Binaria (PRSB); cada valor de byte es cambiado siguiendo ese patrón. La etapa siguiente consiste en un codificador Reed Solomon, es una técnica de corrección de errores que se aplican a los paquetes en la modulación. Durante la transmisión, pueden aparecer errores que corrompen los datos, como puede ser: ruido producido por la atmósfera, desvanecimiento de la señal en el trayecto y propagación multi-trayectoria, estos fenómenos causan errores de bits durante la transmisión.

La codificación RS puede detectar y corregir los errores producidos a un límite razonable, que consiste en agregar a los 187 bytes de cada paquete de datos (sin el byte

de sincronismo), 20 bytes de paridad. En el Descodificador, se efectúa la comparación de los 187 bytes de datos, con los 20 bytes de paridad de cada paquete; si los errores de ese paquete son detectados, el receptor utiliza los bytes de paridad para determinar la ubicación exacta de los mismos y modificar los datos que han sido corrompidos; de esta manera, se reconstruyen los datos que contenían errores y se vuelve a tener la información original. Se pueden detectar y corregir hasta 10 bytes por paquete.

En la figura 9 se muestra un paquete MPEG-2 con los 20 bytes RS de paridad. La sintaxis de los paquetes empleados en el estándar ATSC es igual a la sintaxis del estándar MPEG-2.

Figura 9. **Paquete MPEG-2 con los 20 bytes de la corrección Reed-Solomon**



Fuente: SIMONETTA, José. Televisión digital avanzada. p. 299.

Continuando con el análisis del diagrama de la figura 7, se efectúa la intercalación de datos que consiste en efectuar un *scrambling* en orden secuencial del flujo de datos, los datos intercalados son ensamblados como nuevos paquetes de datos, estos paquetes de datos luego de efectuada la intercalación tienen la misma capacidad que el paquete original, es decir 187 bytes de datos más 20 bytes de paridad RS. Una vez efectuada la intercalación, el próximo paso es la codificación Trellis, es otra forma de FEC (*Forward Error Correction*) y representa un código convolucional; en el codificador Trellis, cada palabra de 2 bits que ingresa es comparada con las dos palabras de bits previos.

Se genera matemáticamente un código binario de 3 bits, estos 3 bits que sustituyen a los 2 bits que habían ingresado al codificador, son transmitidos como símbolos en 8 niveles a 3 bits por símbolo; por cada 2 bits que ingresan al codificador salen 3 bits; por

esto, la relación de código es denominada 2/3. El próximo paso en el MUX, es insertada la señal del codificador Trellis, el segmento de sincronismo y el segmento de campo y a continuación insertar el piloto.

En efecto, la inserción de estas señales auxiliares, facilitarán en el receptor la demodulación de la señal recibida, las señales auxiliares insertadas en primera instancia, como se ve en el diagrama, son el segmento de sincronismo y el sincronismo de campo. El segmento de datos está conformado por 207 bytes del paquete de datos intercalados, después de la codificación Trellis, los 207 bytes se han extendido a 828 símbolos en 8 niveles; el segmento de sincronismo es un pulso de 4 símbolos que se le agrega al comienzo de cada segmento de datos, éste reemplaza al primer byte de sincronización del paquete original MPEG-2.

El segmento de sincronismo, aparece una vez cada 832 símbolos y siempre toma la forma de un pulso de nivel entre +5 y -5 V, el segmento de sincronismo recuperado en el receptor, es utilizado para regenerar el *clock* del sistema y efectuar un muestreo de la señal recibida. El piloto es aplicado antes de la modulación, éste consiste en un nivel de DC sobre la señal de banda base, facilita el enganche del PLL en el receptor y es independiente de los datos transmitidos. En el próximo paso el flujo de datos con 8 niveles, sincronismos y piloto, modulan en AM a una portadora de FI; la modulación de AM genera una doble banda lateral. De acuerdo al teorema de Nyquist, la mitad de la banda puede ser eliminada, la banda lateral inferior es casi suprimida, quedando solo un vestigio de la misma.

#### 1.1.6. **Cuadro de datos VSB**

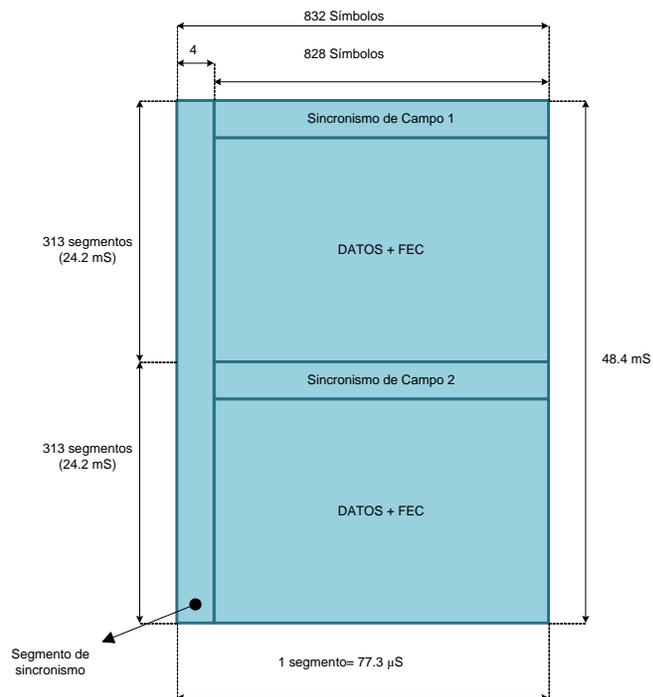
Para la transmisión los datos que salen del MUX e ingresan al modulador 8-VSB, son formateados de acuerdo al diagrama de la figura 10, cada cuadro de datos consta de dos campos de datos; a su vez cada campo tiene 313 segmentos de datos, cada uno de estos tiene una duración de 77.3  $\mu$ S. y consta de 832 símbolos. El primero de los 313

segmentos de cada campo constituye el segmento de sincronización; de esta manera en un cuadro de datos tenemos dos segmentos de sincronización, una para cada campo de datos y un total de 616 segmentos de datos, cada cuadro de datos tiene una duración de 48.4 ms, que corresponden a 24.2 ms por cada campo de datos, los segmentos de datos están conformados por 832 símbolos, de este total, 4 símbolos proveen la sincronización de los datos, nos restan 828 símbolos que transportan 187 bytes más el FEC.

En 8-VSB para TDT, se transportan 3 bits/símbolo; en cambio, en 16-VSB se transportan 4 bits por símbolo. Como tenemos 828 símbolos de datos, en un segmento de datos para 8-VSB se transportan 2.484 bits de datos. Los símbolos en 8 niveles, combinados con la sincronización del segmento de datos y de campo modulan una portadora de FI. Como consecuencia de esta modulación, se genera una señal que tiene un espectro de AM de doble banda lateral con alta redundancia en cada banda; de esta manera la banda lateral inferior es suprimida; la modulación VSB, utiliza un tipo de Modulación de Amplitud de Pulsos (PAM, *Pulse Amplitude Modulated*), con 8 niveles discretos para 8-VSB y 16 niveles para 16-VSB. Resumiendo, en un cuadro de datos en 8-VSB tenemos:

- 832 símbolos = Datos + FEC = 208 bytes (188 bytes de datos + 20 bytes Reed Solomon)
- Como; 4 símbolos = 1 byte. Entonces, 832 símbolos / 4 = 208 bytes
- Luego: 828 símbolos = 207 bytes (187 bytes de datos + 20 bytes RS)
- A 8 bits/byte tenemos; 207 bytes = 1,656 bits
- La relación de clock del símbolo (Symbol Rate) es:  $F_{\text{symbol}} = 10.762238 \text{ MHz}$
- La  $F_{\text{symbol}}$  está definida como 684 veces la frecuencia del barrido horizontal FH

Figura 10. **Formateo de los datos en VSB**



Fuente: SIMONETTA, José. Televisión digital avanzada. p. 301.

De acuerdo a esto tenemos

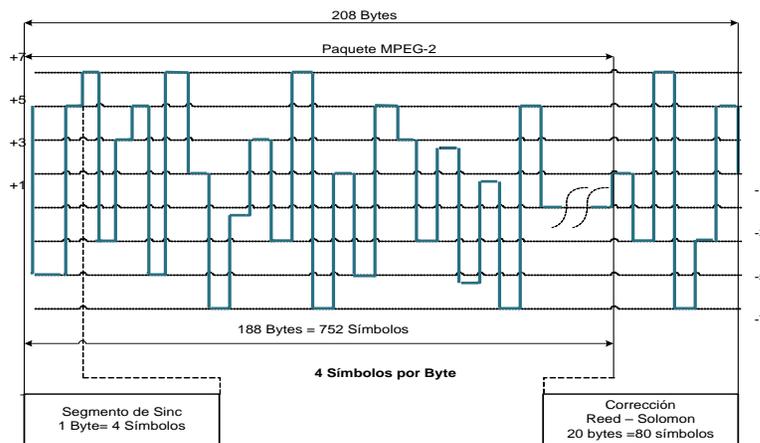
- $F_{\text{symbol}} = 684 \times F_H = 684 \times (4.5 \text{ MHz}/286) = 10.762238 \text{ MHz}$
- La relación  $4.5 \text{ MHz}/286 = 15,734.26 \text{ Hz}$ , que es la frecuencia de barrido horizontal en NTSC
- Recordemos que se exploran  $525 \text{ líneas por cuadro} \times 29.97 \text{ cuadros}/S = 15,734.26 \text{ Hz}$

#### 1.1.6.1. **Segmento de datos ATSC**

En la figura 11 se representa un segmento de datos ATSC, compuesto por 832 símbolos, cada cuatro símbolos conforman un byte, teniendo de esta manera 208 bytes por segmento, de este total, 204 bytes corresponden a la carga útil de datos, a su vez 20 bytes son de paridad y 4 bytes corresponden a la cabecera del paquete,

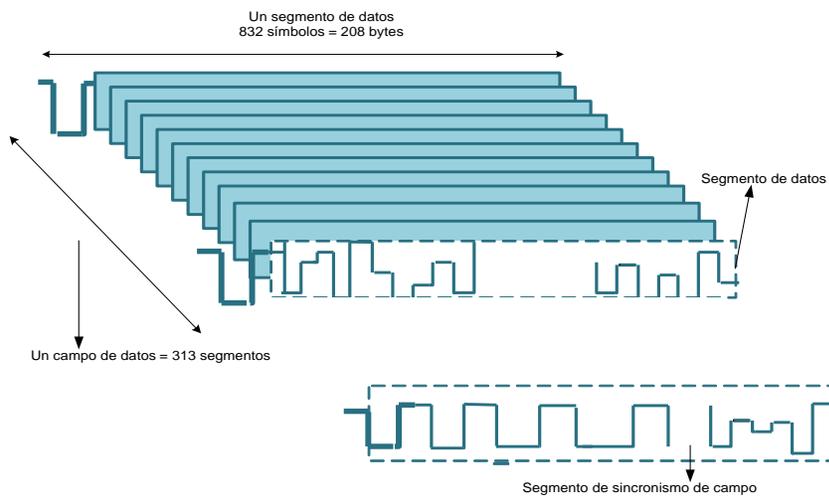
estos bytes, corresponden al paquete completo MPEG-2 más los 20 bytes de corrección Reed Solomon. El segmento arranca siempre con un byte de sincronismo, éste siempre tiene un nivel +5, -5, +5.

Figura 11. Segmento de datos ATSC



Fuente: SIMONETTA, José. Televisión digital avanzada. p. 303.

Figura 12. Campo de datos ATSC



Fuente: SIMONETTA, José. Televisión digital avanzada. p. 304.

En la figura 12, se representa un campo de datos. Éste está compuesto por 313 segmentos. Cada segmento de datos tiene 832 símbolos (208 bytes). En total, tenemos dos segmentos por cuadro y cada cuadro comienza con un segmento de sincronismo de campo.

### 1.1.7. Características del sistema de modulación 8-VSB y 16-VSB

En la tabla I, se muestran las características principales de la modulación 8-VSB, con Codificación Trellis para TDT y la modulación 16-VSB sin codificación Trellis, para televisión digital por cable.

Tabla I. Características de la modulación 8-VSB y 16-VSB

Parámetro	8 - VSB	16 - VSB	Unidades
Ancho de banda del canal	6	6	MHz
Exceso de ancho de banda	11.5	11.5	%
Symbol Rate	10.762	10.762	MSímbolos/s
Eficiencia del ancho de banda	3	4	Bits/s
Relación de codificación Trellis	2/3	—	—
FEC (Reed Solomon)	T=10 (207. 187)	T=10 (207. 187)	—
Longitud del segmento de datos incluyendo el segmento de sincronismo	832	832	Símbolos
Duración del segmento de sincronismo	4	4	Símbolos
Ciclo del sincronismo de cuadro	1/313	1/313	Segmentos
Velocidad de datos	19.39	38.78	Mbit/s
Potencia del piloto	0.3	0.3	dB
Potencia de pico promedio, (99.9%)	6.3	6.4	dB
Umbral C/N	15	28.5	dB

Fuente: SIMONETTA, José. Televisión digital avanzada. p. 311.

En televisión analógica, la potencia del transmisor varía de acuerdo al tipo de escena de la imagen, la máxima potencia (pico), corresponde al nivel de negro en televisión

digital, la potencia de transmisión promedio se mantiene constante, este valor es de aproximadamente 6 dB.

## 1.2. **Transición de la Televisión Analógica a la Digital**

Se considera como período de transición, al tiempo que convivirán la televisión analógica y la digital. Durante ese período de tiempo, además de la emisión del programa analógico actual, se emite en forma simultánea el ó los nuevos programas digitales. Para ello, es necesario asignar un segundo canal para la programación en DTV.

Esta nueva asignación del canal digital, es la que quedará en principio, después del período de transición. En EE.UU. se ha optado en principio, por un período de transición que comenzó en 1998 y finalizará en el 2006; durante ese período, el *broadcaster* emitirá dos programaciones, la analógica actual y la nueva programación en HDTV. Después del período de transición, emitirá solamente programación en digital.

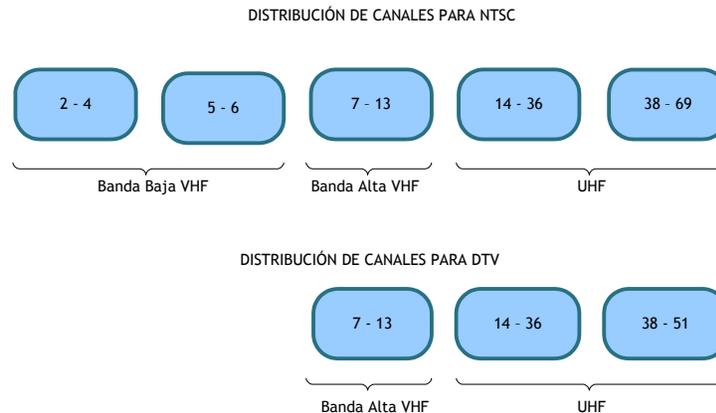
### 1.2.1. **Criterio de asignación de frecuencias para DTV en EE.UU.**

En la figura 13, se muestran los canales de televisión actuales utilizados para NTSC y la nueva asignación para DTV según el criterio seguido en EE.UU.; el espectro que abarcan los canales de aire analógicos en la actualidad, comprenden la banda baja de VHF (canales 2 al 6), la banda alta de VHF (canales 7 al 13) y la banda de UHF (canales 14 al 36 y 38 al 69). El canal 37 no es utilizado para televisión. Cada canal tiene un espectro de 6 MHz de ancho de banda.

El espectro para DTV es más reducido que el de televisión analógica, pues se han tenido en cuenta los siguientes criterios. La banda baja de VHF (canales 2 al 6) no se ha adoptado para DTV debido a que en esta banda se producen las mayores interferencias, especialmente en canal 2; además, los canales 3 y 4 utilizados por los conversores de

sistemas de cable y videocaseteras, pueden interferir con los nuevos canales de DTV; para televisión digital, el espectro comienza en la banda alta de VHF (canales 7 al 13).

Figura 13. **Distribución de canales en NTSC y DTV en EE.UU.**



Fuente: SIMONETTA, José. Televisión digital avanzada. p. 420.

La banda de UHF, se asignó parcialmente del canal 14 al 36, el canal 37 sigue siendo utilizado para comunicaciones; otra parte de la banda de UHF asignada, comprende los canales 38 al 51, la porción de banda comprendida entre los canales 52 al 69 no se asignó para DTV. Una de las razones, es que solo un 10% de las estaciones actuales, tiene asignados esos canales para NTSC y la segunda razón es que se le dará otro uso en el futuro.

### 1.2.2. **Asignación de frecuencias para DTV.**

La asignación de frecuencias de DTV en E.E.U.U., realizada por el FCC (*Federal Commission of Communications*), ha sido la siguiente; a cada *broadcaster* que tenía su frecuencia para transmisión de televisión analógica, se le asignó una nueva frecuencia para DTV. Veremos a continuación, algunos ejemplos de asignación de frecuencias para la transición y qué sucederá después de ésta. Consideraremos tres casos que han surgido en EE.UU., durante la asignación de las frecuencias para DTV, un *broadcaster* por

ejemplo, tenía asignado para la emisión en NTSC el canal 20 de UHF; para el período de transición, se le asignó para DTV el canal 42 de UHF. Éste emitirá hasta que dure la transición dos canales, el canal 20 en NTSC y el canal 42 en DTV.

Finalizado el período de transición (después del 2006), a este *broadcaster* se le dejará asignada una sola frecuencia para DTV, que puede ser la del canal 20 ó 42. En este caso pueden ser una de las dos frecuencias, la razón es que ambas se encuentran dentro del espectro de asignación de DTV, el *broadcaster* en ese caso, optará por una de ellas para seguir emitiendo en DTV, ya sea un programa de HDTV o múltiples programas de SDTV, en un canal de 6 MHz de ancho de banda. En este caso, es muy probable que el *broadcaster* elija la frecuencia del canal 42. Esto es debido a que venía emitiendo en ese canal y por ello tiene el transmisor digital y la antena transmisora.

En un segundo ejemplo, se supone que el *broadcaster* emite su programación en NTSC por el canal 55 de UHF, para DTV se le asignó un nuevo canal que es el 24 de la misma banda. Durante el período de transición, este *broadcaster* emitirá su programación analógica por el canal 55 y la de DTV por el Canal 24. Finalizado el período de transición, el *broadcaster* no puede elegir la frecuencia como en el caso anterior, sino que se le asigna en forma automática el canal 24, ésto es debido a que el espectro de frecuencias asignado para DTV, tiene como límite el canal 51 de UHF y el canal 55 está fuera del mismo.

En un tercer caso, el *broadcaster* tenía asignada la frecuencia del canal 56 de la banda de UHF, para las emisiones en NTSC, para DTV se le ha asignado una nueva frecuencia, se supone el canal 54, también de la banda de UHF. Finalizado el período de transición el *broadcaster* no puede optar por elegir, sino que se le asigna en forma automática un nuevo canal. Esto es debido a que ambos canales (56 y 54), se encuentran fuera de la banda asignada para DTV. En consecuencia, se le asignará un nuevo canal.

### 1.2.3. **Implementaciones para la transición de las emisiones de televisión analógica a digital**

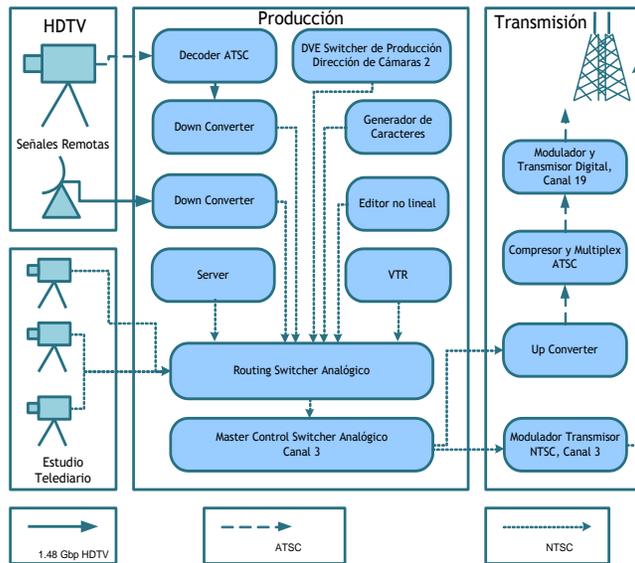
Durante el período de transición, los *broadcasters* deberán adecuar sus sistemas en forma gradual hasta converger a la emisión digital solamente. Pero mientras dure el período de transición, fijado por el FCC hasta el año 2006, ambas señales (analógica y digital), deberán emitirse en forma simultánea. Tener en cuenta que la emisión analógica debe mantenerse por un largo tiempo, debido a que el parque de receptores de esta tecnología seguirá por muchos años.

A continuación se ven distintas posibilidades que tienen los *Broadcasters*, para adecuar sus estudios durante el período de transición. Sólo consideraremos en estos ejemplos el procesamiento de la señal de vídeo, sin tener en cuenta la señal de audio, cuya implementación es más simple. En todos los casos, la emisión en digital corresponde a un programa en HDTV.

#### 1.2.3.1. **Infraestructura analógica existente**

En la figura 14 se representa un sistema analógico existente compuesto por estudio, producción y transmisión, este sistema es similar a la mayoría de los sistemas de televisión abierta de NTSC que están funcionando actualmente en la televisión de Guatemala. Este ejemplo es el más eficiente y trata de aprovechar parte del equipamiento analógico existente para implementar a bajo costo, la transmisión digital en HDTV. Se trata de utilizar parte de la infraestructura existente y efectuar luego una ampliación a HDTV o SDTV. En algunos casos, no es la situación ideal, debido a la pérdida de calidad, sin embargo se aprovecha parte del equipamiento analógico existente para transmitir una señal de HDTV. Lo que se trata de lograr es una mínima inversión inicial en equipos de HDTV, durante el período de transición

Figura 14. **Infraestructura analógica existente y adaptación para HDTV**



Fuente: elaboración propia, con programa Visio

Volviendo al ejemplo de la figura 14, el sistema de HDTV se halla compuesto por un sistema de recepción satelital y un estudio con tres cámaras. La señal recibida de Satélite es decodificada a través de un *decoder* ATSC obteniéndose a la salida una señal de 1.48 Gbps en HDTV. Esta señal para poder ingresarla al *routing switcher* analógico, es convertida de 1.48 Gbps - HDTV a una señal analógica NTSC, a través del *down converter*. El mismo proceso, se realiza con la señal de HDTV proveniente de las cámaras de estudio. Estas señales de digital HDTV se convierten a analógica NTSC.

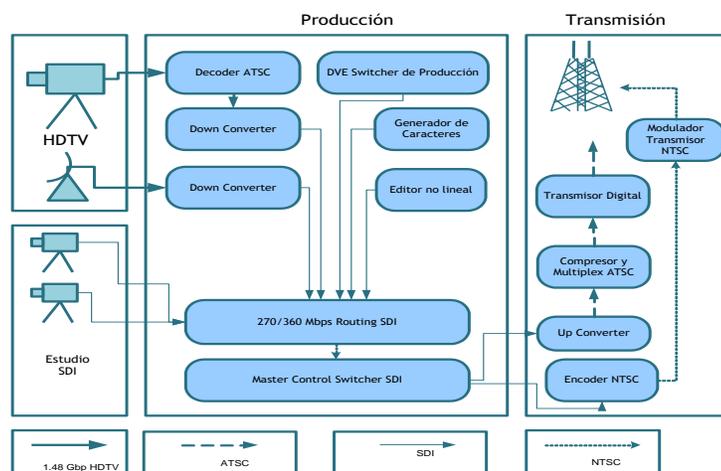
El *routing switcher* es utilizado para compartir señales en la producción así como para enviarla al *master control switcher* que es el que se encarga de la emisión. El *master control switcher* tiene dos salidas, la segunda de ellas, ingresa al modulador y la salida de este excita al transmisor, la salida de este es conectada a la primer antena transmisora, mediante una línea de transmisión.

De esta manera, se transmite la señal analógica existente. La primera salida analógica del *master control switcher*, es convertida a través del *up converter*, a una señal digital de HDTV. El *up converter* realiza dos funciones: la primera de ellas es la de un *decoder*, convierte la señal analógica a una señal SDI, la segunda función, es convertir la señal SDI de 270 Mbps a una señal de 1.48 Gbps de HDTV, ésta señal es comprimida y multiplexada a través del compresor y múltiplex de transporte en HDTV en el estándar ATSC. La salida del múltiplex es conectada a la entrada del modulador 8-VSB. El flujo digital modulado excita al transmisor digital y la salida de este mediante la línea de transmisión, es conectada a la segunda antena transmisora.

### 1.2.3.2. Infraestructura digital SDI existente

En la figura 15 se muestra una opción más interesante, en este ejemplo considera una planta que emite actualmente un programa analógico, pero todo el procesamiento en la misma es digital SDI. Todos los equipos digitales son conmutables de 270 Mbps / 4:3 a 360 Mbps /16:9. El nuevo sistema de HDTV se halla compuesto al igual que el ejemplo anterior, por un sistema de recepción satelital y un pequeño estudio en HDTV.

Figura 15. Infraestructura SDI existente y adaptación a HDTV



Fuente: SIMONETTA, José. Televisión digital avanzada. p. 428.

La señal recibida de satélite es decodificada a través de un *decoder* ATSC, en cuya salida tenemos una señal de 1.48 Gbps en HDTV; ésta señal para poder ingresarla al *routing switcher digital*, es convertida a través de un *down converter*. Un segundo *down converter* se utiliza con las señales de HDTV provenientes de las cámaras de estudio. En este caso, ambos *down converters* convierten la señal de HDTV de 1.48 Gbps a una señal SDI de 270 Mbps; además de la señal de satélite y de las cámaras, al *routing switcher SDI* también ingresan señales digitales provenientes de un sistema de edición no lineal, un generador de caracteres y un *switcher* de producción, la salida digital del *routing switcher* es conectada a la entrada del *master control switcher*.

La señal SDI de la primera salida del *master control switcher*, mediante un *up converter*, es convertida de SDI - 270 Mbps a una señal de 1.48 Gbps HDTV, la señal es comprimida y multiplexada para luego, excitar al modulador 8-VSB, la salida modulada es conectada al transmisor digital y la salida de éste se conecta a la primera antena transmisora, mediante la línea de transmisión, la señal de la segunda salida del *master control switcher* ingresa a un *encoder* NTSC, este equipo convierte la señal digital SDI a una señal analógica NTSC.

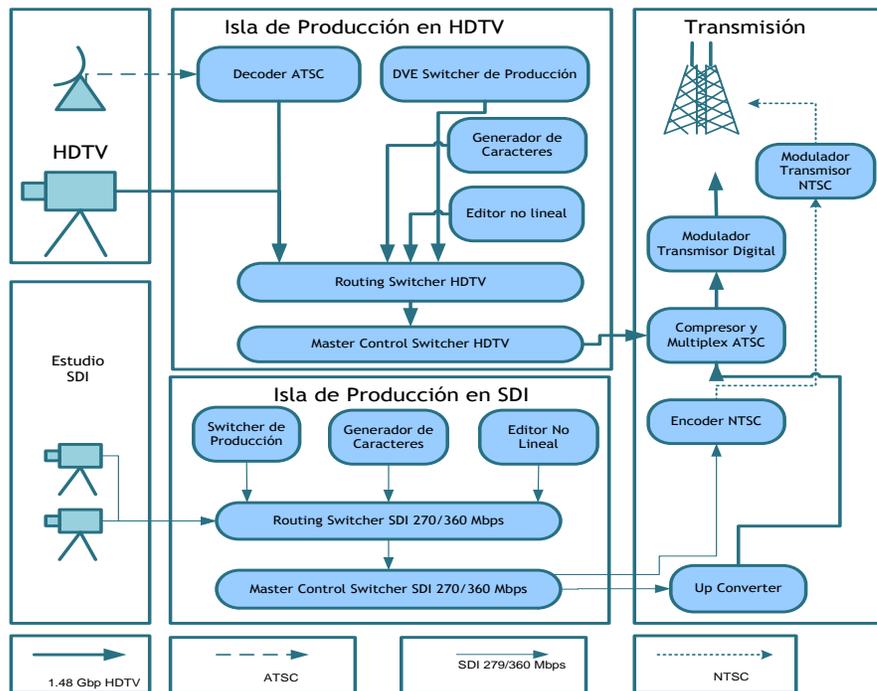
Esta señal excita al modulador y la salida de este es conectada al transmisor; la salida de RF del transmisor es conectada a la segunda antena transmisora, mediante la línea de transmisión, esta segunda opción requiere un mínimo de inversión, pues se aprovecha parte de la infraestructura SDI existente, para emitir un programa en HDTV.

### 1.2.3.3. **Infraestructura existente SDI y nueva planta en HDTV**

Otra de las alternativas interesantes que existe durante la transición consiste en utilizar la infraestructura existente SDI y proyectar el resto de la planta en HDTV, la transmisión digital se realiza en HDTV. En la Figura 16 se representa un diagrama de bloques de esta infraestructura combinada, ésta opción es interesante, pues permite por

un lado producir y emitir durante una parte del día programación en HDTV y durante otra parte del día produce y emite en SDTV.

Figura 16. **Infraestructura Digital Serie SDI y HDTV**



Fuente: SIMONETTA, José. Televisión digital avanzada. p. 433.

La conformación de este diagrama de bloques está separada en dos partes el centro de producción y emisión en HDTV y el de SDTV. La salida del *master control switcher* en digital HDTV, es conectada a la primer entrada del compresor ATSC y la salida de este ingresa al múltiplex; a la salida del múltiplex tenemos formado el flujo de transporte; este es conectado a la entrada del modulador 8-VSB.

La salida de RF modulada ingresa al transmisor digital y la salida de este es conectada a la primera antena transmisora, mediante la línea de transmisión. La primera salida SDI del *master control switcher*, es conectada a la entrada del *encoder* NTSC éste

equipo convierte la señal SDI a analógica NTSC. Esta señal es conectada a la entrada del Modulador, la salida de este es conectada a la entrada del transmisor analógico. La salida del transmisor es conectada a la segunda antena transmisora, mediante la línea de transmisión.

Otra opción para generar la señal de HDTV, es tomar la segunda salida SDI del *master control switcher* y mediante un *up converter*, convertirla de SDI - 270 Mbps a HDTV 1.48 Gbps. Este flujo digital ingresa a la segunda entrada del compresor-multiplex de HDTV, visto anteriormente. Mediante el centro de alta definición (HDTV), se logra la más alta calidad en televisión.

El formato utilizado es 1080i. El centro de producción en SDI, permite operar en 270 Mbps con una relación de aspecto de 4:3 o en 360 Mbps en 16:9; ambos centros están interconectados de tal manera de ampliar las facilidades. El diagrama de cada uno de ellos es similar en su conformación e interconexión a los diagramas de bloques anteriores, este sistema, resulta muy apropiado para la transición y aún después de la misma; la única desventaja es que si no se dispone de un estudio SDI existente, resulta más caro invertir en ese equipamiento, pues simultáneamente se debe invertir en el equipamiento de HDTV.

#### 1.2.3.4. **Infraestructura en HDTV**

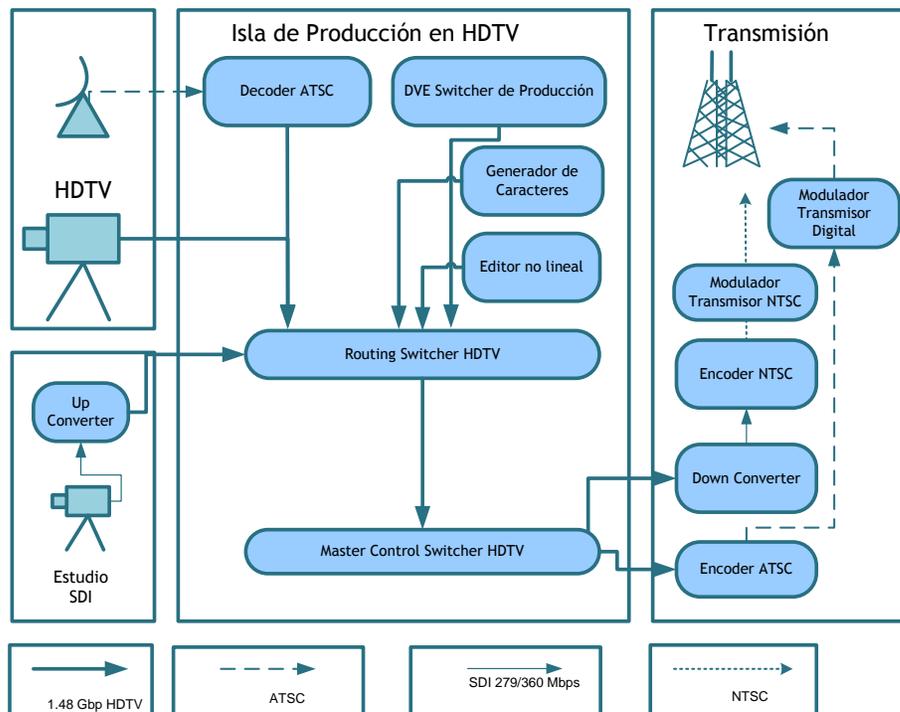
En la figura 17 se muestra un diagrama de bloques de una infraestructura en HDTV, cuando el objetivo final es emitir programación en HDTV, ésta es la solución más apropiada, es la más costosa, pues todo el equipamiento es de HDTV y debe adquirirse por completo, pero es la solución ideal. Con este sistema se logra la más alta calidad de imagen en producción y emisión.

La segunda salida del *master control switcher* ingresa al *encoder ATSC (compresor y múltiplex)*, el flujo de transporte obtenido excita al modulador y la salida de este es conectada al transmisor digital. La señal de RF de salida del transmisor, es conectada a

la antena transmisora mediante la línea de transmisión; de esta manera, se transmite el programa digital en HDTV. Simultáneamente, se debe transmitir la misma señal, pero analógica NTSC, esto es a fin de que todos los usuarios que tengan receptores analógicos, puedan recibir esa señal, para ello, la primera salida del *master control switcher* en HDTV ingresa al *down converter*, éste equipo convierte la señal de 1.48 Gbps de HDTV a una señal de 270 Mbps SDI, luego a través de un *encoder* NTSC, se convierte la señal SDI a una señal analógica NTSC.

Con esta señal de video compuesta, se excita al modulador y la salida de éste es conectada al transmisor, la salida de RF del transmisor es conectada a la segunda antena transmisora, mediante la línea de transmisión; de esta manera, se transmite la segunda señal, que es la analógica NTSC.

Figura 17. **Infraestructura en HDTV**



Fuente: SIMONETTA, José. Televisión digital avanzada. p. 435.



## 2. ESTACIÓN TERRENA PARA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE

La estación terrena satelital en general es un equipo electrónico de transmisión satelital instalada en un ambiente con las condiciones adecuadas de temperatura, mecánica e instalación eléctrica sobre la tierra que forma parte de un enlace de señal de audio y/o video entre la tierra, el satélite y la tierra nuevamente. La estación terrena satelital para televisión digital sirve para que se eliminen los antiguos enlaces de microondas de los estudios centrales a cada una de las repetidoras en la república Guatemalteca y que se haga un solo salto al satélite que se utiliza como reflector de la señal.

Esto permite además, tener cobertura en el muy alto número de cable operadoras del país con una muy buena calidad de audio y video. Finalmente el valor agregado en una inversión relativamente costosa es la cobertura continental que se pueda lograr con este tipo de transmisión satelital, en donde la estación terrena satelital juega un papel muy importante.

En el caso de Canal 3, tiene más de una década utilizando el satélite Intelsat 805 con un ancho de banda de 20 MHz aproximadamente, con un sistemas Thompson configurado en espejo en donde cuatro canales de televisión y seis estaciones de radio se meten a una piscina para que se haga un multiplexado estadístico que permita el aprovechamiento del ancho de banda para servicios que tengan mucha información y que necesite mejores recursos. Se utiliza una *Multi Channel Per Carrier* (MCPC) con una potencia de 300 watts a través del un *High Power Amplifier* HPA dentro de la Banda C en polarización vertical de subida y en horizontal de bajada. Se utiliza una modulación QPSK con una codificación en MPGE-2.

Durante la transición de la televisión analógica a la televisión digital se recomienda la utilización de las mismas condiciones de la estación terrena y únicamente utilizar convertidores de analógico a digital o *up converters* de tener una televisión en HD para poder insertar la señal del satélite a cada una de las repetidoras. La inversión por parte de las estaciones de televisión son las que realizarán una mayor inversión y el aprovechamiento de los recursos existentes será clave para este cambio tan importante de tecnología.

## 2.1. Antenas

En la estación terrena juega un papel muy importante la antena parabólica, que permitirá radiar la señal desde la tierra hasta el satélite que se encuentra a unos 42 mil kilómetros de distancia, la buena construcción y selección de la antena garantizará la calidad de la señal de enlace, así como el consumo de energía que se pueda generar de la actividad de transmisión de una portadora de audio, video y datos en una muy amplia cobertura.

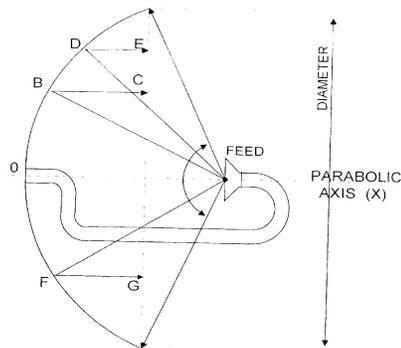
### 2.1.1. Antenas alimentadas por el foco central

La forma más simple de simetría axial es un reflector parabólico cuya bocina alimentadora primaria se sitúa en el foco (figura 18); sin embargo ello se traduce en un largo tramo de guía-ondas entre alimentador y unidad electrónica en antenas de diámetro de más de 3 metros, cosa no aconsejable pues provoca una disminución de la potencia de la señal y un aumento del ruido.

Mediante un sub-reflector puede crearse una configuración más compacta, particularmente para las antenas de mayor diámetro. La bocina alimentadora está ubicada en la parte trasera del reflector principal, con lo que se elimina la necesidad de extensos tramos de guía-ondas. Este tipo de antena se conoce como Cassegrain, y se ilustra en la figura 19. El sub-reflector es una sección de hiperboloide situada dentro del foco del reflector principal. La eficiencia de este tipo de antena, y la envolvente de sus

lóbulos laterales desmejoran debido a las pérdidas por sombra causadas por el sub-reflector y sus brazos de soporte.

Figura 18. **Antena alimentada por el centro**



Fuente: Grupo de aplicaciones y capacitación de Intelsat global sales & marketing LTD. (EE. UU. 1999). Tecnología de Estaciones Terrenas. p. 49.

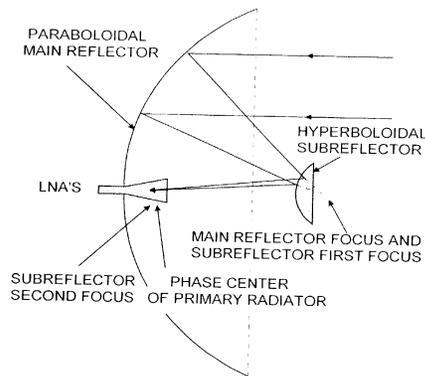
Cabe esperar por lo regular una disminución de entre 0.1 y 0.5 dB en la ganancia de cresta, en el caso de una antena Cassegrain; además, el sub-reflector tal vez no intercepte todo lo que se irradia desde el alimentador primario, lo cual puede ocasionar una degradación de las características de los lóbulos laterales de la antena.

A fin de aumentar el porcentaje de energía interceptado por el sub-reflector, se configura el alimentador de manera que produzca una iluminación progresiva en el sub-reflector. Hay que seleccionar el mejor término medio entre las características de los lóbulos laterales y el rendimiento de la antena, ya que al reducir la iluminación en el borde del sub-reflector para mejorar las características de los lóbulos laterales se reduce el rendimiento general de la antena.

Es factible obtener niveles razonables de lóbulos laterales de gran ángulo sin que deje de ser alto el rendimiento de la antena. Se puede mejorar tal rendimiento conformando los perfiles del reflector, con lo cual se controla la distribución de amplitud de la abertura a la vez que se mantiene una distribución de fase uniforme; sin

embargo la distribución de abertura casi uniforme que se logra, hace que los lóbulos laterales sean más altos cerca de la mira de alineamiento.

Figura 19. **Geometría básica de una antena Cassegrain**



Fuente: Grupo de aplicaciones y capacitación de Intelsat global sales & marketing LTD. (EE. UU. 1999). Tecnología de Estaciones Terrenas. p. 49.

### 2.1.2. **Antena descentrada**

Las antenas de tipo de alimentación descentrada, tales como la Cassegrain y la Gregorian, consiguen un mejor diagrama de radiación debido a una menor obstrucción de la abertura, a menudo se las denomina antenas asimétricas, y su uso es por lo regular para estaciones terrenas pequeñas, pues presentan problemas de fabricación y su costo es más alto para estaciones terrenas grandes.

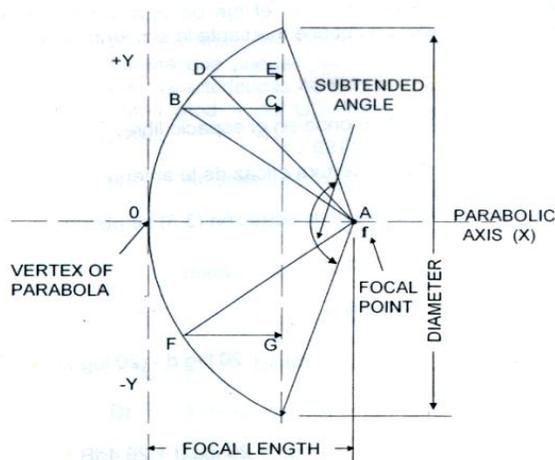
### 2.1.3. **Antenas parabólicas geometría**

Las estaciones terrenas de comunicaciones por satélite emplean antenas parabólicas de 0.5 a 30 metros de diámetro. El contorno de la superficie reflectora se basa en la ecuación de la parábola

$$y^2 = 4fx \quad (2.1)$$

Donde: f es la distancia focal y x la coordenada a lo largo del eje del paraboloide.

Figura 20. Geometría de un paraboloide



Fuente: Grupo de aplicaciones y capacitación de Intelsat global sales & marketing LTD. (EE. UU. 1999). Tecnología de Estaciones Terrenas. p. 56.

El contorno de una superficie parabólica satisface el requisito de que toda la energía radiada hacia la superficie, desde un alimentador en el punto focal, será reflejada para formar un frente de onda plano en concordancia de fase en toda la abertura del reflector parabólico. En otras palabras, la longitud de los trayectos ABC, ADE y AFG de la figura 20 es la misma.

#### 2.1.4. Parámetros de la antena

Los parámetros más importantes de una antena son la ganancia, la abertura del haz y los lóbulos laterales.

##### 2.1.4.1. Ganancia de la antena

Si una onda de radio proveniente de una fuente distante incide sobre la antena, ésta “recoge” la potencia contenida en su “abertura eficaz” ( $A_e$ ). Si la antena fuese perfecta y sin pérdidas, el área de la abertura eficaz  $A_e$  sería equivalente al área real proyectada  $A$ . Para una abertura circular, la abertura sería

$$A = \frac{\pi d^2}{4} \quad (2.2)$$

Y el área de abertura eficaz de  $A_e=A$ , para una antena ideal. Donde  $d$  = diámetro de la antena.

En la práctica, si tomamos en cuenta las pérdidas y la falta de uniformidad de la ley de iluminación de la abertura, el área eficaz viene a ser:

$$A_e = \eta \{A\} = \eta \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 \quad (2.3)$$

Donde  $\eta$  = eficiencia de la antena, y es menor que uno.

La eficiencia es un factor importante en el diseño de una antena. Para optimizar el rendimiento de las antenas de estación terrena se emplean técnicas especiales. La eficiencia de las antenas se ve afectada por

- El bloqueo del sub-reflector y de la estructura de soporte.
- La desviación en valor eficaz de la superficie del reflector principal.
- La eficiencia de iluminación, que incluye la no uniformidad de la iluminación, la distribución de fase en la superficie de la antena y la  $W$  potencia radiada en los lóbulos laterales.
- La potencia que se radia en los lóbulos laterales.

Por lo regular se pueden obtener cifras de eficiencia de la abertura del 55 al 75 por ciento.

La ganancia de potencia en el eje de una antena (con referencia a un radiador isótropo) se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$G = \frac{4\pi A_e}{\lambda^2} \quad (2.4)$$

Donde  $\lambda$  = longitud de onda en el espacio libre,  $\pi = 3.14159\dots$ ,  $A_e$ = abertura eficaz de la antena.

Al substituir el valor Ae de la ecuación (2.3) se obtiene:

$$G = \eta \left( \frac{\pi d}{\lambda} \right)^2 \quad (2.5)$$

o expresado en decibelios,

$$G_{\text{dBi}} = 10 \log \eta + 20 \log \pi + 20 \log d - (20 \log \lambda) \quad (2.6)$$

$$\text{o bien } G_{\text{dBi}} = 10 \log \eta + 20 \log f + 20 \log d + 20.4 \text{ dB} \quad (2.7)$$

Donde:  $\eta$  = eficiencia de la antena

$d$  = diámetro de la antena en metros

$f$  = frecuencia de funcionamiento en GHz.

20.4dB = constante resultante de  $10 \log \left( 1 \cdot 10^9 \frac{\pi}{C} \right)$ .

#### 2.1.4.2. Abertura del haz

La abertura del haz es una medida del ángulo sobre el cual se registra la mayor parte de la ganancia. Por lo regular se define con relación a los puntos de potencia media (HPBW) o puntos de -3 dB del lóbulo principal del diagrama de radiación de la antena (véase la figura 21). Correspondiente a la ecuación siguiente:

$$HPBW = \frac{\lambda}{d \sqrt{\eta}} \times 57.29 \quad (2.8)$$

donde

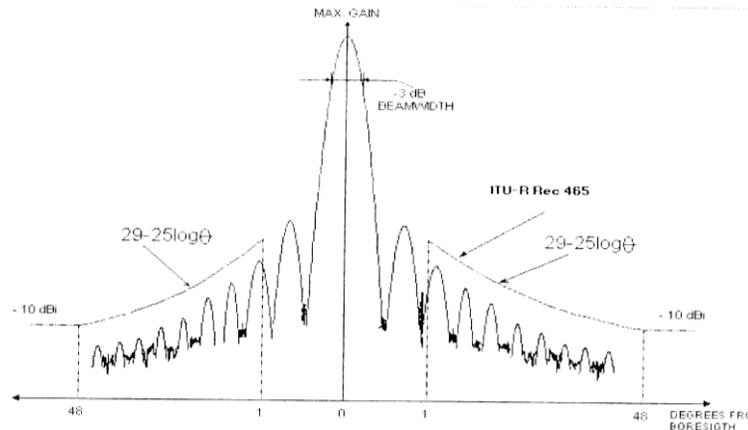
$\eta$  = es el rendimiento de la antena,

$d$  = diámetro de la antena en, metros,

$\lambda$  = es la longitud de onda,  $c/f$

Una estación terrena tipo A con una antena de 16 metros (52 pies) de diámetro y un rendimiento del 70 por ciento tendría, por lo tanto, una abertura del haz de 0.214 grados a 6.0 GHz.

Figura 21. Diagrama de radiación de la antena y abertura del haz



Fuente: Grupo de aplicaciones y capacitación de Intelsat global sales & marketing LTD. (EE. UU. 1999). Tecnología de Estaciones Terrenas. p. 59.

### 2.1.4.3. Lóbulos laterales

La mayor parte de la potencia radiada por una antena se concentra en el llamado "lóbulo principal", si bien se puede transmitir (o recibir) cierta cantidad de potencia en direcciones fuera del eje. Los lóbulos laterales son una propiedad intrínseca de la radiación de una antena, y no se los puede suprimir por completo. Sin embargo, los lóbulos laterales se deben también a defectos de la antena que pueden reducirse al mínimo mediante un diseño cuidadoso.

Las características de los lóbulos laterales se rigen por la Recomendación 580-1 mod. 1 del UIT-R. Que define una envolvente de lóbulos laterales para

Antenas instaladas después de 1988 y con una relación  $d/\lambda > 150$

$$G = 29 - 25 \log \theta \quad dBi \quad (2.9)$$

Donde  $\theta$  = está en grados respecto de la mira de alineamiento y  $1^\circ \leq \theta \leq 20^\circ$

$d$  = diámetro de la antena (en metros)

$\lambda$  = longitud de onda de la frecuencia de funcionamiento (en metros)

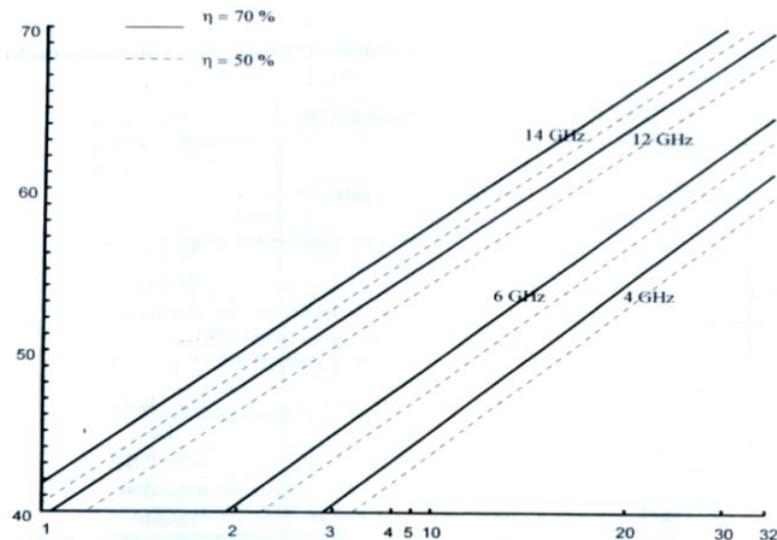
B) Antenas de menor tamaño, con valores  $d/\lambda$  entre 35 y 100 (es decir, de 1.75 a 5 metros en banda C y de 75 cm a 2.1 metros en banda Ku).

$$G = 52 - 10 \log d/\lambda - 25 \log \theta \quad \text{dBi} \quad (2.10)$$

y  $(100 d/\lambda)^0 \leq \theta \leq d/5 \lambda^\circ$

La figura 21, muestra el diagrama de radiación de una antena parabólica y da un ejemplo de las características de lóbulos laterales recomendadas. Los parámetros de una antena se ven influidos por su diámetro, la frecuencia de funcionamiento y el rendimiento (eficiencia) de la abertura, pero las características de los lóbulos laterales son uno de los factores más importantes al determinar la separación mínima entre satélites y, por ende, la eficacia del recurso órbita/espectro. La figura 22 contiene una gráfica de la ganancia de la antena en función de su diámetro, considerando los parámetros de frecuencia y rendimiento.

Figura 22. **Ganancia de la antena en función del diámetro**



Fuente: Grupo de aplicaciones y capacitación de Intelsat global sales & marketing LTD. (EE. UU. 1999). Tecnología de Estaciones Terrenas. p. 60.

#### 2.1.4.4. **Ancho de banda**

Las antenas parabólicas son dispositivos de banda ancha, como se observa en la ecuación de la ganancia, para un diámetro determinado la ganancia de la antena aumentará a medida que aumente la frecuencia de funcionamiento; no obstante, si se trabaja con una frecuencia muy distinta de la nominal, las limitaciones del sistema de alimentación por lo regular se traducirán en una degradación del desempeño.

### 2.2. **Seguimiento de la antena**

Hoy día la gran mayoría de las comunicaciones se cursan por satélites en órbita geostacionaria, una órbita circular cuyo plano coincide con el plano ecuatorial de la Tierra y cuyo período de rotación es igual al de la Tierra, por lo tanto para un observador ubicado en cualquier punto de nuestro planeta que esté en una trayectoria rectilínea respecto del satélite, éste parecerá estar inmóvil.

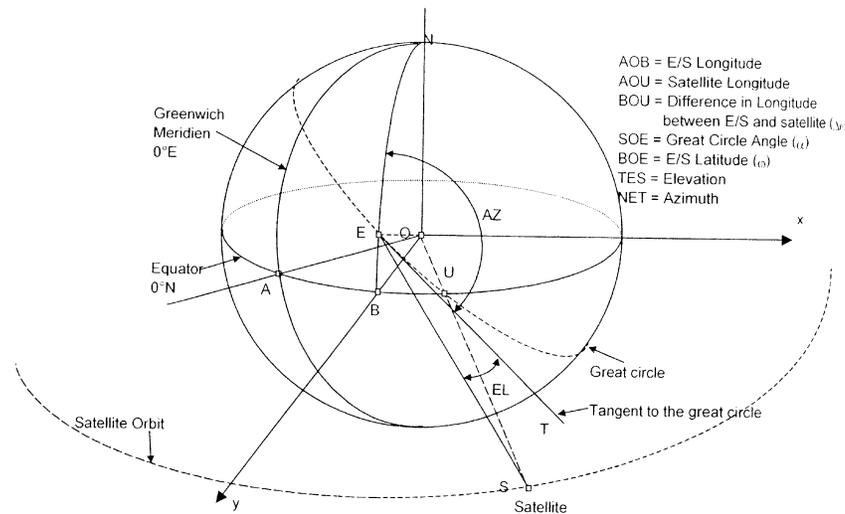
Sin embargo, los satélites no mantienen una posición geostacionaria exacta porque están constantemente sujetos a fuerzas tales como la atracción gravitacional del Sol y la Luna, la radiación de la luz solar, y el campo gravitacional de la Tierra, estas fuerzas hacen que el satélite se desvíe de su posición nominal en dirección norte-sur y este-oeste, a menos que se lo corrija, el plano de inclinación orbital (causado por la deriva norte-sur) aumenta un promedio de  $0,86^\circ$  por año con respecto al ecuador; además, las órbitas no se mantienen perfectamente circulares por lo que se produce una deriva este-oeste.

#### 2.2.1. **Ángulos de visibilidad hacia los satélites geostacionarios**

Para que una estación terrena pueda seguir a un satélite, es necesario disponer de los medios para seleccionar los ángulos de elevación y acimut requeridos de la antena ubicada en el sitio específico. En la figura 23 se ilustra la geometría de la órbita de los satélites geostacionarios, la ubicación del satélite se describe en función de la longitud

del punto sub-satélite (U), el punto de intersección entre la superficie de la Tierra y la línea desde el centro terrestre al satélite, el meridiano de Greenwich sirve de referencia para la longitud. El ángulo de elevación (ZTES) se mide entre la línea que une el satélite a la estación terrena y el plano tangente al punto donde se sitúa la estación terrena. El ángulo de acimut (ZNET) es el ángulo entre la dirección norte y la línea que une el satélite y la estación terrena.

Figura 23. **Geometría de la órbita de los satélites geoestacionarios**



Fuente: Grupo de aplicaciones y capacitación de Intelsat global sales & marketing LTD. (EE. UU. 1999). Tecnología de Estaciones Terrenas. p. 80.

El ángulo del gran círculo (ZSOE, designado en las ecuaciones) es el ángulo entre los radios desde el centro de la Tierra al punto sub-satélite (designado U en la figura 23) y hacia el emplazamiento de la estación terrena, la elevación y el acimut dependen de los parámetros orbitales del satélite, así como de la longitud y la latitud del emplazamiento. Con las fórmulas indicadas a continuación se pueden calcular manualmente los ángulos de elevación y acimut.

### 2.2.2. Distancia hasta el satélite

La distancia entre una estación terrena y un satélite geoestacionario es:

$$d^2 = R^2 + R_o^2 - 2RR_o \cos \alpha \quad (2.11)$$

Siendo

d = distancia de la estación terrena al satélite

R = distancia del satélite al centro de la Tierra = 42,164 Km

R<sub>o</sub> = radio de la Tierra (6,378 Km)

$\alpha$  = ángulo del gran círculo = arccos (cos $\Delta\omega$ cos $\phi$ )

$\phi$  = latitud de la estación terrena

$\Delta\omega$  = diferencia de longitud entre la estación terrena y el satélite

### 2.2.3. Ángulo de elevación

$$EL = \arctan\left(\frac{\cos \alpha - 0.15127}{\sin \alpha}\right) \quad (2.12)$$

### 2.2.4. Ángulo de acimut

El ángulo de acimut depende de la ubicación relativa de la estación terrena con respecto al ecuador y al satélite

$$AZ = \arctan\left(-\frac{\tan \Delta\omega}{\sin \alpha}\right) + 180 \text{ para el hemisferio norte} \quad (2.13)$$

o

$$AZ = \arctan\left(-\frac{\tan \Delta\omega}{\sin \alpha}\right) \quad \text{para el hemisferio sur} \quad (2.14)$$

### 2.3. **Amplificadores de potencia**

La función primordial del amplificador de potencia en una estación terrena consiste en amplificar el bajo nivel de potencia de la portadora o portadoras de radiofrecuencia procedentes del equipo de comunicaciones terrestres (GCE) a un nivel suficientemente alto que irradie al satélite una potencia isotrópica radiada efectiva (p.i.r.e.) adecuada por portadora.

#### 2.3.1. **Potencia nominal**

En los sistemas de comunicaciones que alquilan el segmento espacial de Intelsat, por ejemplo, los amplificadores de potencia pueden tener niveles de potencia de 50 vatios, o menos, para el tráfico de poca capacidad; en algunos casos, pueden utilizarse SSPA con niveles de potencia de 1 a 10 vatios para aplicaciones VSAT o de poco ancho de banda.

#### 2.3.2. **Tipos de amplificadores de potencia**

Los tipos más comunes de amplificadores utilizados en las estaciones terrenas son el de klistrón (KPA), el de tubo de ondas progresivas (TWTA) y el de potencia de estado sólido (SSPA). Últimamente, se está generalizando el uso de amplificadores de potencia de estado sólido (SSPA), especialmente en las aplicaciones que requieren un nivel medio o bajo de potencia, tales como las VSAT y las estaciones con poco tráfico, o las antiguas estaciones de tipo A en las que la elevada ganancia de la antena compensa el uso de amplificadores más pequeños. Gracias a la evolución reciente de los amplificadores de potencia de microondas de estado sólido, en la actualidad se dispone de SSPA en fase mixta cuya potencia llega a 800 W en banda C y 400 W en banda Ku.

### 2.3.2.1. **Amplificadores de potencia de estado sólido**

Los últimos adelantos logrados en la tecnología de los transistores de efecto de campo (FET), particularmente los FET de GaAs (arseniuro de galio), han surtido un efecto notable en las comunicaciones por satélite, tanto por sus aplicaciones en las estaciones terrenas como en los satélites. Actualmente se dispone de SSPA para reemplazar a los TWT en las estaciones terrenas y para utilizarlos en una nueva generación de satélites (totalmente de estado sólido).

Los SSPA ofrecen las ventajas siguientes sobre los TWTA

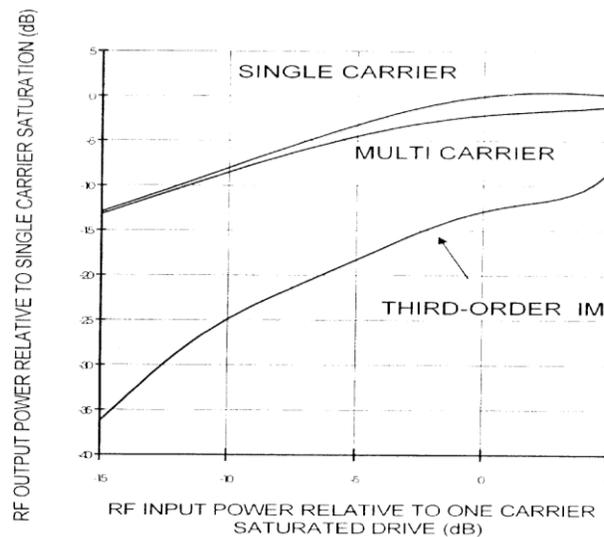
- Mejor rendimiento en cuanto a distorsión por intermodulación
- Mejor confiabilidad
- Menores costos de mantenimiento
- Menor coste de piezas de recambio
- Vida útil superior a la de los TWTA (un SSPA dura más que varios tubos)
- Mayor seguridad para el personal - ausencia de tensiones altas peligrosas
- Menor consumo de potencia
- Menor coste total de adquisición.

La utilización del GaAs como material de sustrato para los amplificadores de FET de semiconductor metálico (MOSFET) se debe principalmente a los factores siguientes.

- En el arseniuro de galio, los electrones conductores tienen una movilidad seis veces mayor que en los de silicio y el doble de velocidad de deriva máxima, lo que produce una resistencia parásita más baja, mayor trans-conductancia y menor tiempo de tránsito de electrones.
- La capa activa es cultivada en un sustrato de GaAs semi-aislante con una resistividad mayor de  $10^7$  ohmios-cm, lo que ofrece una menor capacitancia parásita en la zona de unión de la compuerta.

Gracias a estas características y a un diseño adecuado, el amplificador tiene una frecuencia elevada, una capacidad de potencia relativamente elevada, un factor de ruido bajo y un rendimiento en términos de la intermodulación mucho mejor que el del TWT o del klistrón. En la figura 24, se muestra el rendimiento en términos de la intermodulación de tercer orden para un SSPA de 20 vatios, la relación más desfavorable portadora/intermodulación en la totalidad de la banda de frecuencias es de 14 dB.

Figura 24. **Rendimiento típico de un SSPA en términos de la intermodulación de tercer orden**



Fuente: Grupo de aplicaciones y capacitación de Intelsat global sales & marketing LTD. (EE. UU. 1999). Tecnología de Estaciones Terrenas. p. 118.

Esta respuesta de portadora a intermodulación para los SSPA es aproximadamente 5 dB mejor que la de los TWTA; por lo tanto, los SSPA pueden trabajar generalmente con una reducción de potencia de salida de 2 a 4 dB en operaciones con portadoras múltiples, en lugar de los > 7 dB requeridos para los TWTA.

**Tabla II. Comparación de los dispositivos de FET de GaAs en los SSPA**

POTENCIA DE SALIDA (vatios)	GANANCIA	EFICIENCIA
1.26	6.5 dB	25%
0.75	5.5 dB	50%
0.7	9.0 dB	15%

Fuente: Grupo de aplicaciones y capacitación de Intelsat global sales & marketing LTD. (EE. UU. 1999). Tecnología de Estaciones Terrenas. p. 119.

La potencia de salida máxima de los FET de GaAs es inversamente proporcional al cuadrado de la frecuencia; por lo tanto, un FET de GaAs típico debiera poder suministrar aproximadamente 10 vatios a 6 GHz y 2 vatios a 14 GHz. En la tabla III se muestran valores típicos de un dispositivo optimizado en función de cada parámetro.

**Tabla III. Características de un SSPA tipo**

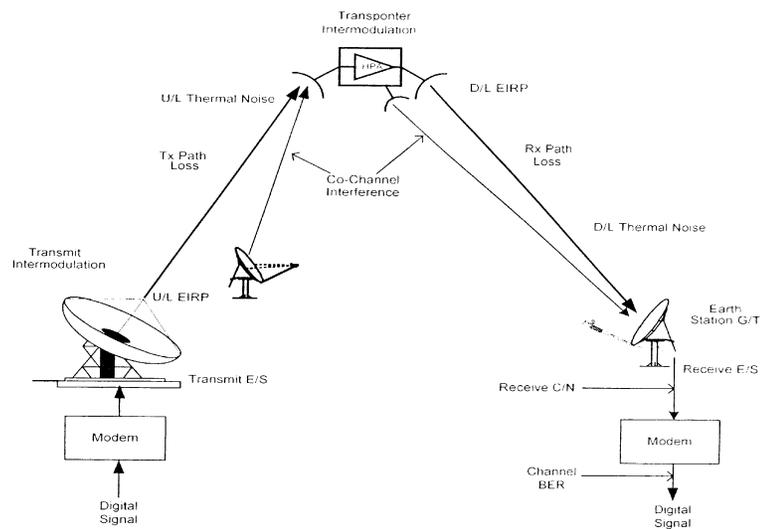
Banda de frecuencias	Potencia nominal saturada		Ganancia dB	Potencia c.a. necesaria vatios
	dBm	watios		
Banda C	41	12	53	120
	44	25	53	200
	47	50	62	375
	50	100	62	700
	52	150	62	1100
	53	200	62	1300
	56	400	75	2700
Banda Ku	40	10	50	175
	46	40	56	500
	49	80	56	950
	50	100	56	950

Fuente: Grupo de aplicaciones y capacitación de Intelsat global sales & marketing LTD. (EE. UU. 1999). Tecnología de Estaciones Terrenas. p. 119.

## 2.4. Diseño de estaciones terrenas

Un enlace de satélite es una conexión estación terrena - satélite - estación terrena. El segmento estación terrena - satélite se denomina enlace ascendente y el segmento satélite - estación terrena, enlace descendente. El diseño de estación terrena consta del diseño del enlace de transmisión, o cómputo de enlace y el diseño del sistema de transmisión; el cómputo de enlace define los recursos necesarios para que un servicio determinado cumpla los objetivos de rendimiento. El diseño del sistema de transmisión establece las características del equipo necesario para cumplir los objetivos de rendimiento de los servicios que se van a cursar como potencia nominal del HPA y temperatura de ruido del LNA, durante el análisis se puede llegar a una solución de compromiso entre el coste y el rendimiento.

Figura 25. Enlace satelital típico



Fuente: Grupo de aplicaciones y capacitación de Intelsat global sales & marketing LTD. (EE. UU. 1999). Tecnología de Estaciones Terrenas. p. 172.

### 2.4.1. Objetivos de rendimiento

Los objetivos de rendimiento para los enlaces digitales comprenden

- BER para condiciones normales de funcionamiento
- Disponibilidad del enlace, o porcentaje de tiempo que el enlace tiene una BER mejor que un nivel umbral especificado.

### 2.4.2. Cómputo de enlace

Considérese el enlace por satélite ilustrado en la figura 25 compuesto por tres segmentos principales: (i) la estación terrena transmisora y los medios del enlace ascendente; (ii) el satélite; y (iii) los medios del enlace descendente y la estación terrena receptora. El nivel de las portadoras recibidas en el extremo del enlace es una adición directa de las pérdidas y las ganancias en el trayecto entre las estaciones terrenas transmisoras y receptoras.

#### 2.4.2.1. Relación portadora/ruido

La relación portadora/ruido ( $C/N$ ) de base en un sistema establece el rendimiento de transmisión de la parte RF del sistema y viene definida por el nivel de potencia de la portadora de recepción en comparación con el ruido a la entrada del receptor. En la figura 26 se ilustra cómo los componentes del enlace afectan la  $C/N$  de recepción y, a la larga, la calidad del servicio. Por ejemplo, la relación portadora a ruido térmico del enlace descendente es

$$C/N = C - 10\log(kTB) \quad (2.15)$$

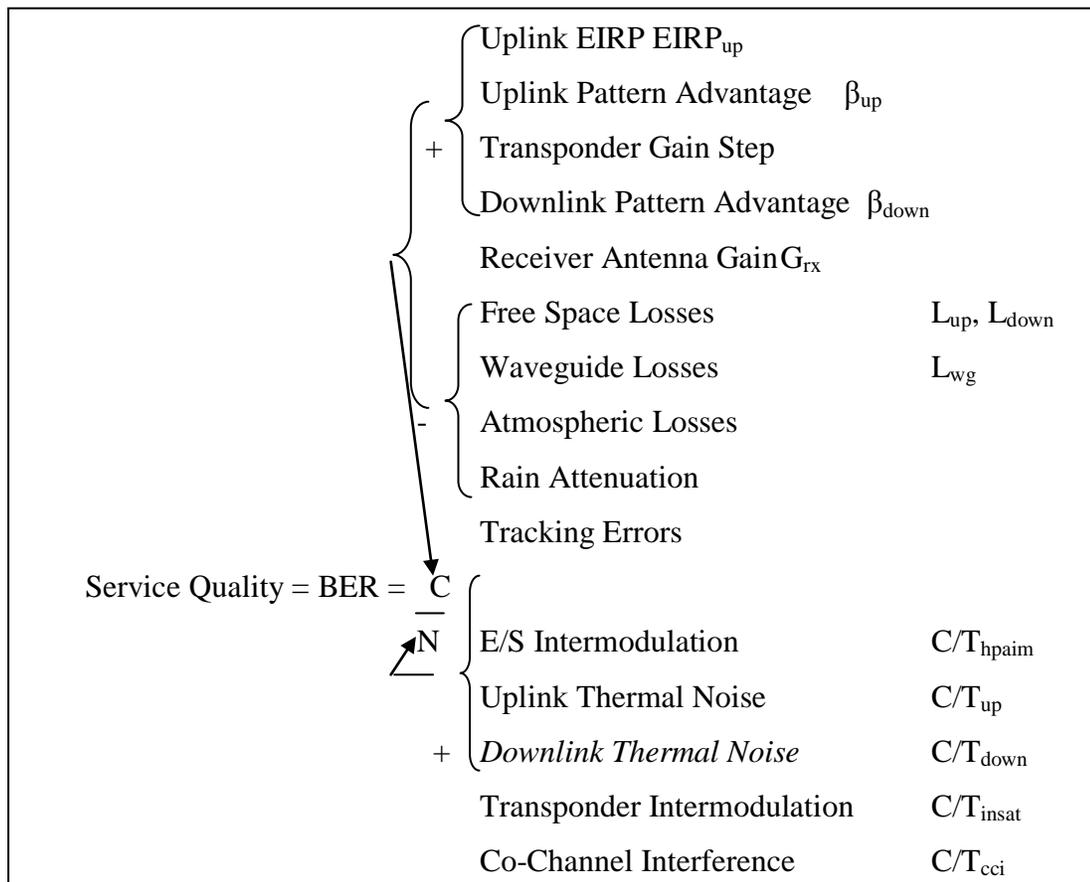
Donde  $C$  = potencia recibida en dBW

$k$  = Constante de Boltzmann,  $1.38E-23$  W/°K/Hz

$B$  = Ancho de banda de ruido (o ancho de banda ocupado) en Hz

$T$  = Temperatura absoluta del sistema de recepción en °K

Figura 26. Efectos de los parámetros del enlace en la calidad de servicio



Fuente: Grupo de aplicaciones y capacitación de Intelsat global sales & marketing LTD. (EE. UU. 1999). Tecnología de Estaciones Terrenas. p. 173.

#### 2.4.2.2. Ecuación de enlace

La ecuación de enlace formulada de manera general es:

$$C/N = PIRE - L + G - 10\log(kTB) \quad (2.16)$$

Donde:

$PIRE$  = Potencia Isotrópica Radiada Equivalente (dBW)

$L$  = pérdidas de transmisión (dB)

$G$  = ganancia de la antena de recepción (dB)

Los tres primeros términos indican la potencia de la portadora recibida y el último, la potencia de ruido del sistema de recepción. La ecuación de enlace se aplica tanto al enlace ascendente como al descendente. Por pérdidas de transmisión se entiende las pérdidas de transmisión debidas al espacio libre y cualquier otra pérdida de trayecto adicional.

#### 2.4.2.3. Potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE)

La ganancia de una antena direccional permite hacer un uso más económico de la potencia de radiofrecuencia suministrada por la fuente, por lo tanto, la p.i.r.e. se expresa como función de la ganancia de transmisión de la antena ( $G_T$ ) y de la potencia transmitida ( $P_T$ ) que le llega a la misma.

$$PIRE_{dBw} = 10 \log P_{TdBw} + G_{TdB} \quad PIRE_{dBw} = 10 \log P_{TdBw} + G_{TdB} \quad (2.17)$$

donde  $P_{TdBw}$  = potencia de entrada a la antena (en dBW)

$G_{TdB}$  = ganancia de la antena transmisora (en dBi)

La PIRE debe controlarse con precisión, para que no se produzcan interferencias en las portadoras adyacentes y co-canal (PIRE elevada) ni se deteriore la calidad del servicio (PIRE baja).

#### 2.4.2.4. Ganancia de la antena

La ganancia de la antena en relación con un radiador isotrópico viene definida por.

$$G_{dBi} = 10 \log \eta + 20 \log f + 20 \log d + 20.4dB \quad (2.18)$$

donde:  $\eta$  = eficiencia de la antena (los valores más corrientes oscilan entre 0.55-0.75)

$d$  = diámetro de la antena (en metros)

$f$  = frecuencia operativa (en GHz)

#### 2.4.2.5. Pérdidas de transmisión

Las pérdidas de transmisión generalmente comprenden cuatro componentes:

$$L = L_o + L_{atm} + L_{rain} + L_{track} \quad (2.19)$$

Donde  $L_o$  = pérdidas en el espacio libre

$L_{atm}$  = pérdidas atmosféricas

$L_{rain}$  = atenuación debida a los efectos de lluvia

$L_{track}$  = pérdidas debidas a errores de seguimiento de antenas.

##### 2.4.2.5.1. Pérdidas en el espacio libre

Si una antena isótropa radia una potencia igual a  $P_T$ , la potencia del haz se distribuye uniformemente como una esfera centrada alrededor de la propia antena. La potencia a una distancia  $D$  del punto de transmisión surge de la siguiente ecuación

$$W = \frac{P_T}{4\pi D^2} \dots (W / m^2) \quad (2.20)$$

Conforme la antena transmisora concentra la energía (es decir, tiene una ganancia), la ecuación pasa a ser

$$W = \frac{G_T P_T}{4\pi D^2} \dots (W / m^2) \quad (2.21)$$

o

$$W_{dBW/m^2} = PIRE_{dBW} - 20 \log D - 71dB \quad (2.22)$$

Donde  $G_T P_T = PIRE$

$W$  = nivel de iluminación

$D$  = distancia en km

$$71dB = 10 \log(4\pi * 10^6)$$

Una antena receptora “recoge” la señal; la cantidad de señal “recogida” depende del tamaño de dicha antena. La potencia recibida ( $P_R$ ) es dada por la expresión:

$$P_R = W * Ae \quad (2.23)$$

Donde  $Ae$  = la apertura efectiva de la antena receptora =  $\frac{\lambda^2 / 4\pi}{G_R}$

Luego,

$$P_R = \left( \frac{G_T P_T}{4\pi D^2} \right) \left( \frac{\lambda^2 / 4\pi}{G_R} \right) \quad (2.24)$$

$$P_R = G_T P_T * \left( \lambda / 4\pi D \right)^2 * G_R \quad (2.25)$$

La expresión  $(4\pi D / \lambda)^2$  se conoce como pérdida básica en el espacio libre  $L_o$ . Dicha pérdida básica se expresa en decibelios de la siguiente forma:

$$L_o = 20 \log D + 20 \log f + 92.5dB \quad (2.26)$$

donde

$D$  = distancia (en km) entre el transmisor y el receptor, también conocida como distancia oblicua.

$f$  = frecuencia (en GHz)

$$92.5dB = 20 \log \left\{ \frac{(4\pi * 10^9 * 10^3)}{c} \right\}$$

Si la ecuación (2.25) se expresa en decibelios, se obtiene:

$$P_{R_{dBW}} = PIRE - L_o + G_R \quad (2.27)$$

Si en la ecuación (2.27) se considera que  $G_R$  es la ganancia de una antena de  $1m^2$  con una eficiencia del 100%,  $P_R$  será el nivel de iluminación por unidad de superficie (en  $dBW/m^2$ ) y, por lo tanto, el nivel de iluminación de la ecuación (2.22) también se podrá expresar de la siguiente manera

$$W_{dBW/m^2} = PIRE - L_o + G_{1m^2} \quad (2.28)$$

#### 2.4.2.5.2. Pérdidas atmosféricas

Las pérdidas de señal pueden deberse también a la absorción por gases atmosféricos, como el oxígeno y el vapor de agua, tal característica depende de la frecuencia, el ángulo de elevación, la altura sobre el nivel del mar y la humedad absoluta, a frecuencias inferiores a los 10 GHz, generalmente se la puede ignorar, su importancia aumenta con las frecuencias superiores a los 10 GHz, especialmente para ángulos de elevación bajos. En la tabla IV se ilustra un ejemplo del valor medio de las pérdidas atmosféricas para un ángulo de elevación de 10°.

Tabla IV. **Ejemplo de atenuación atmosférica**

Pérdidas atmosféricas	Frecuencia (f) en GHz
0.25	2<f<5
0.33	5<f<10
0.53	10<f<13
0.73	13<f

Fuente: Grupo de aplicaciones y capacitación de Intelsat global sales & marketing LTD. (EE. UU. 1999). Tecnología de Estaciones Terrenas. p. 173.

#### 2.4.2.5.3. Efectos de la lluvia

Un efecto atmosférico grave al que está expuesto un enlace por satélite es el de la lluvia. Ésta atenúa las ondas radioeléctricas por dispersión, y además absorbe la energía de las mismas. La atenuación por lluvia aumenta con la frecuencia, siendo más perjudicial en banda Ku que en banda C, para lograr una disponibilidad adecuada del enlace se debe transmitir suficiente potencia adicional como para contrarrestar la atenuación adicional causada por la lluvia, la predicción de dicha atenuación es un proceso estadístico, y se han diseñado numerosos modelos cuyos resultados concuerdan bien con las observaciones experimentales. Dichos modelos se relacionan con la

frecuencia de funcionamiento, las estadísticas pluviales por ubicación geográfica y la disponibilidad propuesta para el enlace.

Para una explicación completa al respecto, consúltense los informes 564-2 (1990) y 721-1 (1990) de la UIT. En los IESS se indican valores típicos de márgenes por lluvia. Nótese que conviene hacer una predicción fiable de la atenuación por lluvia para poder determinar en forma realista la disponibilidad del enlace y así establecer el margen correspondiente que resulte adecuado.

#### 2.4.2.5.4. Pérdidas por seguimiento

Al establecer un enlace por satélite, lo ideal es que la antena de la estación terrena esté alineada como para lograr un máximo de ganancia, pero en condiciones normales existe un pequeño nivel de desalineación debido al cual el valor de la ganancia disminuye unos pocos décimos de dB. Esa pérdida de ganancia se puede estimar en base al tamaño de la antena y el tipo y exactitud de seguimiento. Esto debe hacerse al calcular tanto el enlace ascendente como el descendente.

**Tabla V. Características de desempeño de las estaciones terrenas (banda C – eficiencia de las antenas: 70%)**

DIÁMETRO DE LA ANTENA (m)	GANANCIA TRANSMISIÓN 6 GHz (dBi)	GANANCIA RECEPCIÓN 4 GHz (dBi)	PERDIDAS ENLACE ASCENDENTE dB	PÉRDIDAS ENLACE DESCENDENTE dB	SEGUIMIENTO
1.2	35.6	32.1	0	0	FIJO
1.8	39.2	35.6	0	0	FIJO
2.4	41.7	38.1	0.4	0.2	FIJO
3.6	45.6	42.1	0.7	0.4	FIJO
7	51	47.4	0.9	0.9	MANUAL*
11	54.9	51.4	0.5	0.5	ESCALONADO

Fuente: Grupo de aplicaciones y capacitación de Intelsat global sales & marketing LTD. (EE. UU. 1999). Tecnología de Estaciones Terrenas. p. 178.

Tabla VI. **Características de desempeño de las estaciones terrenas (banda Ku – eficiencia de las antenas: 60%)**

DIÁMETRO DE LA ANTENA (m)	GANANCIA DE TRANSMISIÓN 14GHz(dBi)	GANANCIA DE RECEPCIÓN 11 GHz (dBi)	PÉRDIDAS EN EL ENLACE ASCENDENTE dB	PERDIDAS EN EL ENLACE DESCENDENTE dB	SEGUIMIENTO
1.2	42.6	40.5	0.4	0.2	FIJO
1.8	46.1	44	0.7	0.5	FIJO
2.4	48.7	46.6	1.1	0.8	FIJO
3.7	52.5	50.3	1.2	0.9	MANUAL*
5.6	56.1	53.9	0.8	0.7	MANUAL*
7	58	55.8	0.5	0.5	ESCALONAD
8	59.2	57	0.5	0.5	ESCALONAD

Fuente: Grupo de aplicaciones y capacitación de Intelsat global sales & marketing LTD. (EE. UU. 1999). Tecnología de Estaciones Terrenas. p. 178.

En las tablas V y VI se indican valores típicos para las antenas en bandas C y Ku. Para diámetros de antena mayores siempre será necesario recurrir al seguimiento, y en esos casos el valor de las pérdidas por desalineación se puede considerar igual a 0.5 dB tanto para el enlace ascendente como para el descendente.

#### 2.4.2.6. **Temperatura de ruido del sistema**

La temperatura de ruido del sistema de una estación terrena es la sumatoria de las temperaturas de ruido del receptor y la antena (incluidos el alimentador y los guías-ondas), y del ruido celeste captado por la antena.

$$T_{system} = \frac{T_{ant}}{L} + (1 - \frac{1}{L})T_o + T_e \quad (2.29)$$

donde  $L$  = pérdida del alimentador en valor numérico

$T_e$  = temperatura de ruido equivalente del receptor

$T_o$  = temperatura normal de 290°K

$T_{ant}$  = temperatura de ruido equivalente de la antena según las indicaciones del fabricante.

De la ecuación (2.29) se desprende que las pérdidas de los guía-ondas tienen una gran repercusión en la temperatura de ruido del sistema; por ejemplo, si los componentes de los guía-ondas entre la antena y el preamplificador del receptor producen una atenuación de 0.3 dB, ello se traduce en un aporte de unos 19°K a la temperatura de ruido del sistema. Las pérdidas del alimentador deben ser lo más bajas posible, porque de lo contrario se pierden los beneficios de las antenas y los amplificadores de bajo ruido, es por ello que los LNA se instalan lo más cerca posible del alimentador de la antena.

Cabe señalar que la ecuación (2.29) es general y también se aplica al sistema de recepción del satélite. La diferencia radica en que la antena del satélite "ve" la Tierra caliente en vez del "cielo frío"; asimismo, el receptor del satélite tiene una temperatura de ruido mucho más alta que el receptor de la estación terrena, de ahí que la temperatura de ruido del sistema de recepción del satélite suela ser mucho más alta que la de la estación terrena.

#### 2.4.2.6.1. **Temperatura de ruido de las antenas**

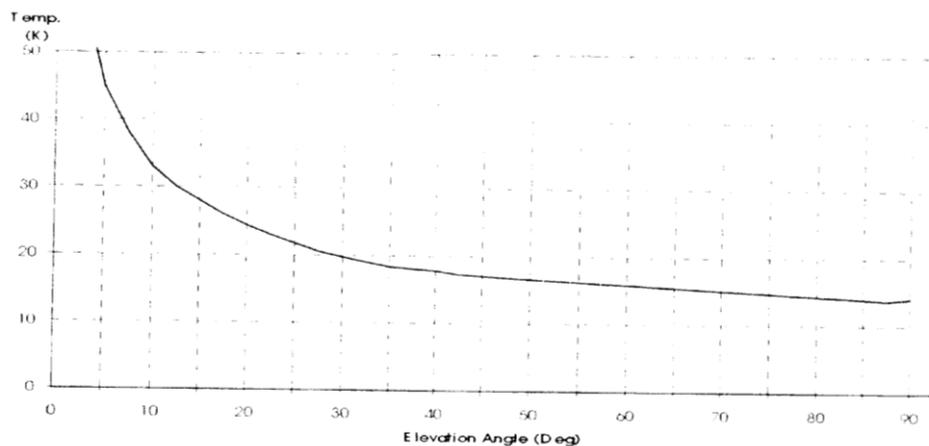
La potencia del ruido que ingresa en el receptor (en este caso, el LNA) desde la antena equivale al producido por un resistor adaptado ubicado en la entrada del LNA con una temperatura física igual a  $T_{ant}$ . Si un cuerpo puede absorber radiaciones, también puede generar ruido, por lo tanto, la atmósfera genera un cierto nivel de ruido y el mismo razonamiento puede aplicarse al terreno que rodea a la antena receptora de una estación terrestre.

Si se pudiera hacer que el lóbulo principal de una antena iluminara el terreno, la temperatura de ruido del sistema aumentaría aproximadamente unos 290°K; afortunadamente, los satélites síncronos requieren ángulos de elevación vertical de 5 o

más grados, si la directividad de la antena fuera tal que el 5% de su energía radiada iluminara el terreno y fuera absorbida por éste, la misma antena utilizada para la recepción aportaría  $5/100 \times 290^\circ\text{K}$ , es decir,  $14.5^\circ\text{K}$  de ruido.

Toda antena tiene lóbulos laterales, incrementados por el desbordamiento proveniente del borde del reflector parabólico y la dispersión de energía causada por el excitador de los guía-ondas o por el sub-reflector y su estructura de soporte, todos estos factores afectan a la temperatura de ruido de la antena. La temperatura de ruido de la antena es una función compleja que depende del diagrama de ganancia de la misma, el ruido de fondo, la temperatura del cielo, la temperatura de ruido atmosférico equivalente y la temperatura de ruido del sol.

Figura 27. **Temperatura de ruido de una antena en función del ángulo de elevación.**



Fuente: Grupo de aplicaciones y capacitación de Intelsat global sales & marketing LTD. (EE. UU. 1999). Tecnología de Estaciones Terrenas. p. 182.

La figura 27 es una curva típica de la variación de la temperatura de ruido de la antena en función del ángulo de elevación, generalmente el valor mínimo corresponde al

cénit; para una antena con pocas pérdidas (lóbulos laterales pequeños), ese valor oscila entre 15°K y 20°K y aumenta abruptamente para ángulos de elevación inferiores a 10°.

#### 2.4.2.7. Factor de calidad

En todo sistema de transmisión, el ruido es el factor que más afecta a la calidad de todo el enlace; la expresión matemática  $G/T_{dBk}$  se conoce como la medida de la "bondad" de un sistema de recepción. La relación  $G/T$  se expresa en dB con respecto a 1°K. Se debe usar el mismo punto de referencia del sistema, por ejemplo, la entrada del receptor, tanto para la ganancia como para la temperatura de ruido.

$$G/T = G_{rx} - 10 \log T_{sys} \quad (2.30)$$

Donde  $G_{rx}$  = ganancia de recepción en dB

$T_{sys}$  = temperatura de ruido del sistema en °K

Dado que la ganancia de la antena depende de la frecuencia, el factor  $G/T$  se debe normalizar a una frecuencia conocida (generalmente, 4 u 11 GHz), restando de la ecuación (2.30) la expresión  $20 \log f/f_0$  (siendo  $f_0$  igual a 4 u 11), en la cual "f" indica la frecuencia en GHz.

#### 2.4.2.8. Relación portadora a ruido

En la ecuación del enlace, aplicando el logaritmo al producto kTB, se obtiene.

$$C/N = PIRE - L + G - 10 \log k - 10 \log T - 10 \log B \quad (2.31)$$

La diferencia,  $G - 10 \log T$ , es el factor de calidad

$$C/N = PIRE - L + G/T - 10 \log k - 10 \log B \quad (2.32)$$

Donde:  $L$  = pérdidas de transmisión

$G/T$  = factor de calidad del receptor

$k$  = constante de Boltzmann

$B$  = ancho de banda ocupado por la portadora.

Como el ancho de banda del receptor ( $B$ ) suele depender del tipo de modulación, se pueden aislar los parámetros de potencia del enlace, normalizando la dependencia del ancho de banda, la nueva relación se conoce con el nombre de relación de portadora a densidad de ruido  $C/N_0$ .

$$C/N = PIRE - L + G/T - 10 \log k \quad (2.33)$$

Es preciso tener en cuenta que:

$$C/N = C/T - 10 \log kB \quad (2.34)$$

Expresando la relación  $C/T$  en función de la relación  $C/N$ , y reemplazando  $C/N$  por el miembro derecho de la ecuación del enlace, se obtiene:

$$C/T = PIRE - L + G/T \quad (2.35)$$

La relación  $C/T$  es característica de cada tamaño y tipo de portadora e indica directamente el nivel de potencia de la portadora necesario para una  $G/T$  dada. Por ejemplo, la  $C/T$  para una señal de TV aceptable podría ser de  $-140 \text{ dBW/}^\circ\text{K}$  en vez de  $-150 \text{ dBW/}^\circ\text{K}$  para una portadora digital, aunque la  $C/N$  para las dos portadoras en la entrada del demodulador podría ser la misma.

La relación  $C/N_0$  nos permite calcular directamente la relación de energía binaria a densidad de ruido del receptor:

$$Eb/N_0 = C/N_0 - 10 \log (\text{velocidad digital}) \quad (2.36)$$

Se usa aquí la expresión "velocidad digital" porque  $Eb/N_0$  puede referirse a distintos puntos con velocidades diferentes dentro del mismo módem.

#### 2.4.2.9. Impacto de la $G/T$ en la rentabilidad del servicio

La interpretación de la ecuación (2.35) es que una  $C/T$  dada requerida por un cierto tipo de portadora y de calidad de servicio puede obtenerse para diferentes combinaciones de p.i.r.e. y  $G/T$ . La p.i.r.e. representa el uso de los recursos y a la larga

se ve reflejada en los gastos de operación, porque una p.i.r.e. de satélite más elevada significa mayores costos de operación.

Por otra parte, la  $G/T$  representa el gasto de capital, porque cuanto más alta es la  $G/T$  más grande es la antena y/o mejor es el LNA, lo que se repercute en el costo de los equipos. Si se desea usar a largo plazo una instalación de estación terrena, puede resultar más económico construir una antena más grande que necesitará una PIRE de enlace descendente inferior, en vez de una antena más pequeña que necesitará una PIRE más elevada para la misma calidad de servicio.

Es preciso tener en cuenta que en algunos casos la  $G/T$  de la estación terrena podría mejorarse usando un LNA mejor. Por ejemplo, una estación terrena con una ganancia de recepción de 53 dBi, un ruido de antena de  $25^\circ\text{K}$  a  $25^\circ$  en la banda C, una temperatura de ruido del alimentador de  $5^\circ\text{K}$  y una temperatura de ruido del LNA de  $80^\circ\text{K}$  tendría:

$$G/T = G_{ant} - 10 \log(T_{ant} + T_{feed} + T_{LNA}) \quad (2.37)$$

$$G/T = 53 - 10 \log(25 + 5 + 80) = 32.6 \text{ dB}/^\circ\text{K}$$

Se trataría de una antena de tipo B. Reemplazando el LNA por otro de  $30^\circ\text{K}$ , la  $G/T$  es:  $G/T = 53 - 10 \log(25 + 5 + 30) = 35.2 \text{ dB}/^\circ\text{K}$

Con ello, la antena pasaría a ser de tipo A, para ángulos de elevación por debajo de  $25^\circ$ , se incrementaría el ruido de la antena y la  $G/T$  total sería demasiado baja para las antenas de tipo A.

### **3. REPETIDORA DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE**

Para las condiciones geográficas de Guatemala lograr una cobertura total se consigue únicamente con la utilización de repetidoras de la señal digital de televisión, que deberán ubicarse en puntos estratégicos, quizás en los mismos puntos y con condiciones similares a las repetidoras de televisión analógica existentes. El desarrollo tecnológico permitirá la optimización de los recursos energéticos, estructurales como de espectro electromagnético en el uso de estaciones de televisión digital terrestre; es por ello que es fundamental conocer los elementos que componen a la repetidora de televisión digital terrestre y su funcionamiento.

#### **3.1. Recepción satelital**

Las repetidoras de la televisión digital terrestre estarán ubicadas a grandes distancias una de otra y debido a los accidentes geográficos estas repetidoras no tendrían línea de vista con la planta de transmisión principal, por lo que será la estación terrena la que enlace vía satélite a los estudios centrales con cada una de las repetidoras; por lo tanto es importante conocer cómo se lleva a cabo la recepción satelital en la planta de transmisión de una repetidora, luego de que en el capítulo 2 se conoció el funcionamiento de una estación terrena. En la recepción satelital las decisiones más importantes se dan con respecto al tipo y tamaño de antena, la temperatura de ruido del LNB y el tipo de receptor satelital.

##### **3.1.1. Plato parabólico para recepción satelital**

Un plato de recepción satelital colecta y concentra la señal muy débil, bajada del transmisor satelital mientras ignora muchas de las señales y ruidos posibles, muchos de los platos utilizados en la actualidad tienen una forma parabólica, de los cuales platos

multi-foco son combinados en formas circulares o parabólicas. La antena Cassegrain o “back-fire” utiliza un segundo reflector hiperbólico que es más costoso que el plato de primer foco, esta antena es más utilizada en climas cálidos donde el LNB se coloca cerca del primer reflector y es protegido de los rayos del sol, para lograr una buena recepción de la señal se deben de considerar los siguientes factores: ganancia y eficiencia, ancho del haz, patrones de lóbulo lateral, ruido de temperatura y profundidad.

#### 3.1.1.1. **Ganancia**

La ganancia de una antena se mide en decibelios y está referida a una antena isotrópica que es una antena que recibe señal de todas las direcciones de igual manera. Una antena isotrópica tienen una ganancia de 0 dB, igual a un factor de concentración de 1. Por ejemplo, una antena de 30 dBi de ganancia, concentra la señal que recibe en un factor de 1,000. Como se mencionó en el capítulo 2 la ganancia de una antena es directamente proporcional al área efectiva así como directamente proporcional al cuadrado de la frecuencia de la señal.

#### 3.1.1.2. **Eficiencia**

La eficiencia es una medida del porcentaje real de la señal capturada por el sistema plato/alimentador, un alimentador ideal captura toda la señal que el plato intercepta. En la realidad una parte de la señal es bloqueada por el alimentador y la superficie reflectora nunca es perfectamente exacta. Para antenas de primer-foco un rango aceptable de eficiencia se encuentra entre el 40% y el 70% antenas parabólicas con el alimentador corrido pueden llegar a un 80% de eficiencia.

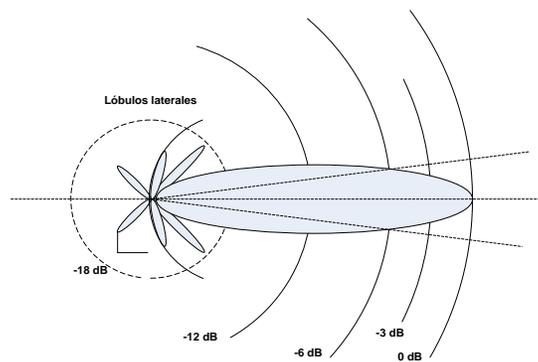
#### 3.1.1.3. **Ancho del haz y patrones de lóbulo lateral**

Todos los sistemas de plato y alimentador tienen una huella digital, su patrón de haz, que describe cómo las señales son recibidas en sus alrededores, este patrón depende del diámetro y exactitud del plato así como de la frecuencia de la señal. En la figura 28

se muestra el patrón de haz, el lóbulo principal, muestra cómo una pequeña región en el espacio puede ser alcanzada.

Este es un factor muy importante considerando que algunos satélites están separados dos grados para el receptor en la tierra, el ancho del haz es definido como el ancho del lóbulo principal en los puntos de “potencia media” donde la potencia de la señal detectada ha sido recortada en un 50% o 3 dB. Si el ancho del haz es más grande los satélites quedarán muy cercanos unos con otros, más de una señal puede ser detectada en el lóbulo principal. El ancho del haz decrece conforme la frecuencia de la señal y el diámetro del plato se incrementan. Los lóbulos laterales debe estar entre 16 y 20 dB menores al lóbulo principal.

Figura 28. **Cálculo de patrones de lóbulo de antena.**



Fuente: Dr. BAYLIN, Frank. World Satellite Yearly. (EE.UU. Baylin Publications. 1996/97) p. T-17.

#### 3.1.1.4. **Ruido**

Las antenas no detectan únicamente el satélite transmisor deseado, también detectan ruido de fuentes naturales como de fuentes creadas por el hombre. El ruido trabaja en oposición a la ganancia y debe ser omitido lo más posible. Una parte de este ruido ingresa por los lóbulos laterales de las antenas. La temperatura de ruido en un plato es

una medida de cuánto ruido es detectado de los alrededores del ambiente. Porque la tierra caliente emite radiación de microondas, la temperatura de ruido incrementa conforme el plato es apuntado en un ángulo de elevación bajo, el ruido también decrece conforme el tamaño incrementa, por lo que platos grandes tienen lóbulos laterales pequeños y un lóbulo principal más reducido.

### 3.1.2. **Amplificador de bajo ruido**

El LNB *Low Noise Block downconverter* detecta la señal enviada desde el alimentador y la convierte en corriente eléctrica, la amplifica y la baja de frecuencia. La señal trasladada hacia abajo (*downconverted*) es enviada por medio de un cable coaxial a un receptor dentro de las instalaciones de la planta de transmisión. Los LNBs son diseñados para recibir señal satelital en la banda C usualmente caen en la banda de 3.7 a 4.2 GHz y pueden utilizarse en casi cualquier parte del globo; éstos tienen una salida de 950 a 1450 MHz; sin embargo, para la Banda Ku deben hacerse para rangos específicos de frecuencia de uso, por ejemplo, mientras para toda o la porción de 10.950 a 11.700 GHz es la frecuencia de entrada estándar para Europa, África y el Medio Este, los LNB utilizados en las Américas deben manejarse para una señal de 11.700 a 12.200 GHz.

#### 3.1.2.1. **Temperatura de ruido y figura de ruido**

La temperatura de ruido de un amplificador se define como la tasa de la tasa de señal a ruido en la entrada a la tasa de señal a ruido en la salida, en otras palabras, la figura de ruido es una medida en grados en la cual el LNB degrada la tasa de señal a ruido del satélite al pasar por amplificador.

### 3.1.3. **Receptores satelitales**

La función de un receptor satelital es la de seleccionar un canal para verlo o escucharlo del bloque de información y luego procesar esta señal a una forma aceptable por el televisor, monitor o estéreo. Los receptores deben ser fabricados para el formato

de transmisión particular en uso, tales como NTSC, PAL, SECAM o formato de compresión basado en MPEG-2.

#### 3.1.3.1. **Tasa señal-a-ruido y calidad de imagen**

En cualquier sistema de comunicación la tasa de potencia de la señal y ruido, la tasa S/N, que permite el manejo del audio y el video en el aparato es el factor central en la determinación si la señal en una comunicación es utilizable, entonces cuando la potencia el ruido es un poco alta, si la tasa S/N es aceptable se pueden recibir una imagen y audio claros. Cuando el S/N puede expresarse como una tasa, generalmente es presentado como decibelios. Experimentos subjetivos muestran que la calidad de la imagen de televisión está directamente relacionada con S/N.

#### 3.1.3.2. **Umbral-tasa de error de bit en receptor digital**

La calidad de un video digital comprimido transmitido depende de una serie de factores incluyendo el esquema de compresión/descompresión aplicado, la modulación, la tasa de error que se tiene luego de la corrección de error hacia adelante utilizada. Conforme la potencia disminuye también el BER (*Bit Error Rate*) baja de valor de umbral, la imagen comienza a “cuadricularse”. La imagen se congela y bloques individuales de grupos de pixeles aparecen. Repentinamente la señal es perdida completamente, por encima del umbral, se recibe una excelente imagen; la diferencia entre calidad de imagen mínimamente encima del umbral y muy encima del umbral es muy notable, una de las ventajas de la transmisión DVB en MPEG-2.

### 3.2. **Transmisión de televisión digital terrestre**

Una vez recuperada la señal en su banda base proveniente de la estación terrena, tiene lugar el procesamiento de la señal para la retransmisión en una repetidora. Para cumplir con el objetivo de distribuir la señal de televisión digital terrestres se debe ubicar en un lugar estratégico, lo más alto posible, que permita albergar la estructura, el

equipo, energía eléctrica comprada o generada internamente en las condiciones de seguridad requeridas. En la mayoría de los casos las repetidoras de televisión existentes ya contarán con la mayoría de los requerimientos necesarios y que lo más probable será que se necesite complementar elementos de la planta repetidora.

### 3.2.1. **Planta repetidora**

Las plantas repetidoras de televisión varían en sus dimensiones, los ambientes que la conforman y el quipo que utilizan, puesto que se diseñan de conformidad con el área de cobertura. En la figura 29 se muestran los ambientes y dimensiones de una planta de transmisión ideal y para el área de cobertura más grande que se deba cubrir, en el caso de las repetidoras de canal 3 y canal 7 se tienen repetidoras con transmisores de 2 kW, 1 kW, 500 W, 300 W, 250 W y 100 W estas van diferentes tipos de torres y elementos de la planta repetidora.

#### 3.2.1.1. **Ambientes y dimensiones**

Los ambientes que se deben disponer en una planta repetidora deben ser adecuados para la instalación de la torre, cuya base no ocupará mucho espacio pero sus anclas sí lo harán y se separarán más de la base conforme a la altura de la torre lo haga, el equipo de recepción satelital y el de transmisión de televisión digital terrestre.

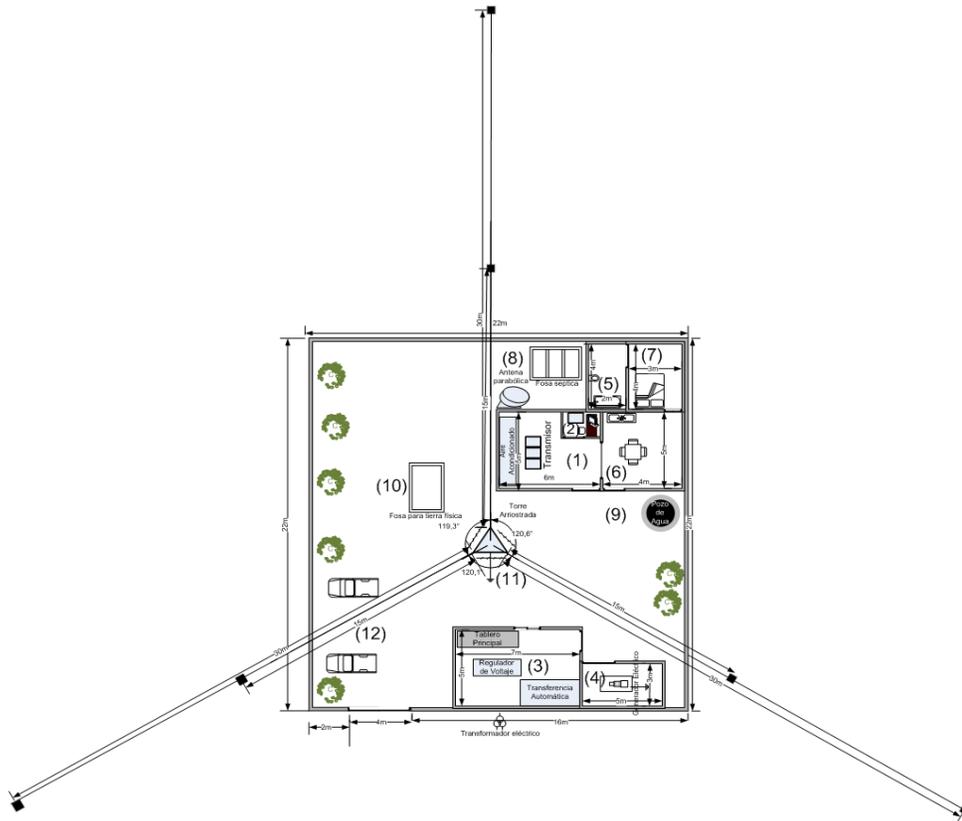
En la figura 29, se puede observar los diferentes ambientes que conforman la planta repetidora así como las dimensiones que se ocupan para una torre de 180 ft (54.86 m), que viene a ser la torre más alta que se utilizará en toda la red. Identificada con el número (1) tenemos la Sala de transmisión, que debe ser de por lo menos 5m x 6m de área con una altura mínima de 2.5 m, en este lugar se instala el transmisor que deberá estar convenientemente aislado de polvo, lluvia y sol, a una temperatura ambiente de 21°C. Por la pared saldrá la guía de onda que alimentará a las antenas y que debe estar debidamente aislada en la pared, especialmente por las filtraciones de agua en época de lluvia.

Dentro de la sala de transmisión con el numeral (2) se encuentra un sala de monitoreo en donde se chequea audio, video y RF de recepción satelital y recepción de la señal que emite la repetidora; podrá contener una línea telefónica o una radio base para comunicarse con los estudios centrales, (3) es un cuarto de tableros eléctricos para la correspondiente distribución de la señal al equipo, servicio e iluminación, un regulador de voltaje, supresores de transcientes y todo lo necesario para garantizar la calidad y la continuidad de la energía eléctrica, (4) contiguo al cuarto de tableros eléctricos se encuentra un generador de emergencia que entrará a funcionar automáticamente o de manera manual cuando se detecte que la energía eléctrica se ha cortado.

Los ambientes (5), (6), (7) y (8) corresponden a sanitario, cocina comedor, dormitorio y fosa séptica respectivamente que servirán para los servicios necesarios del guardián, para los turnos de 24 x 24 horas como mínimo, en un lugar que tendrá muy difícil acceso por la montaña. (9) Es un pozo de agua que sirve para proveer agua para consumo humano. (10) fosa para sistema de tierra física debidamente tratada. (11) Corresponde al espacio que ocupa la torre de transmisión, que en su base podrá ser aproximadamente de  $1 \text{ m}^2$  para soportar el peso de la torre, únicamente las anclas, así como los tirantes que sujetan la torre ocuparán un área mucho más grande; por lo general las anclas salen del terreno circulado, porque éstas están montada a un radio 15 y 30 metros.

Así mismo (12) corresponde a un pequeño parqueo para las visitas del personal encargado de la supervisión y mantenimiento de la repetidora. En la parte de afuera se puede observar un transformador trifásico de nos de 45 kVA que de preferencia sea dedicado exclusivamente a la planta repetidora con los voltajes nominales útiles para conectar al transmisor. Para una mejor seguridad por las noches podría tenerse alumbrado en el poste que provee la energía eléctrica de parte de la empresa correspondiente.

Figura 29. **Distribución de ambientes y elementos en repetidora de televisión digital terrestre**



Fuente: elaboración propia, con programa Visio.

A nivel del suelo o en la terraza de la sala de transmisión se instalará la antena parabólica que es la que sirve para bajar la señal por satélite y completar el enlace con la estación terrena y satélite, se puede observar algunos árboles que deberán permanecer alejados de la torre y de los tirantes para prevenir interferencia en la transmisión, la recepción satelital y que puedan aflojar los tirantes que sujetan la torre del suelo.

### 3.2.2. Torre de transmisión

Existen distintas opciones de torre que pueden utilizarse dependiendo del área de cobertura que se pretende y las condiciones en que se va instalar el equipo de la

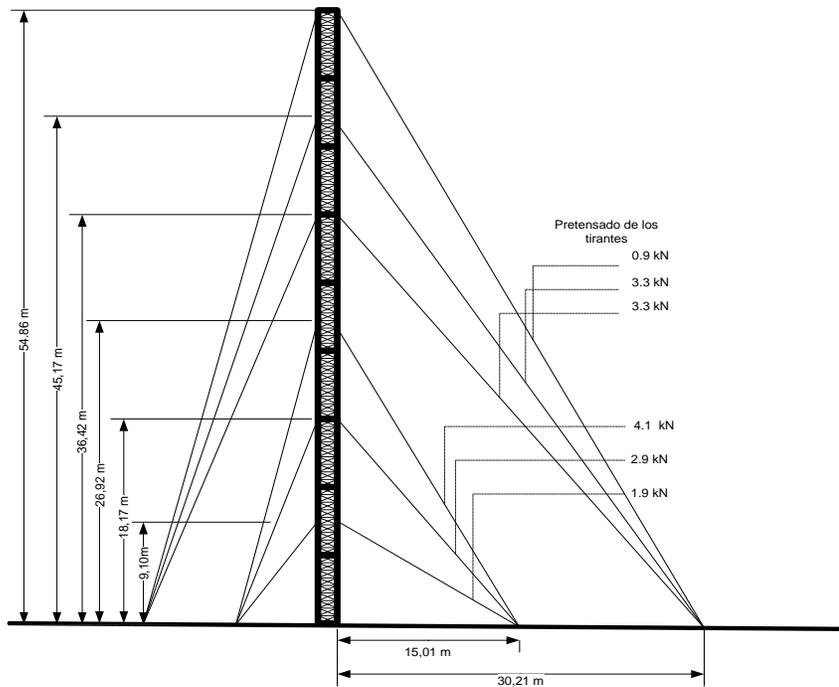
repetidora, estas van desde un simple mono polo, muy utilizado en telefonía, una atirantada o arriostrada y una auto-soportada, para las áreas de cobertura de Guatemala será suficiente el utilizar una torre arriostrada, que muy probablemente ya esté montada en el sitio y que tenga espacio disponible para el siguiente sistema radiante de la televisión digital, puesto que una auto-soportada requiere una inversión alta y para el equipo que no debería de aumentar de peso y dimensiones será una solución sobrada; en el caso de que se puedan instalar nuevas repetidoras dentro de las poblaciones y no necesariamente en las montañas podrá ser conveniente utilizar este tipo de mono polo.

#### 3.2.2.1. **Dimensiones de la torre**

Las condiciones de la planta repetidora para televisión digital terrestre planteadas a continuación serán las de una planta repetidora ideal y con los requerimientos máximos posibles, claro está que podrá variar una repetidora de otra en función del área de cobertura que se va a lograr, la ubicación de la misma, las disponibilidades, etc. en la etapa de transición se debería de poder instalar un sistema radiante para la televisión digital terrestre en la misma torre donde funciona una repetidora de televisión analógica o de lo contrario se deberá instalar otra torre que debería de cumplir con características específicas determinadas del diseño de la red de repetidoras.

En la figura 30, se puede observar una torre triangular utilizada en una repetidora de televisión analógica, que se utilizará para alojar el sistema radiante de la repetidora de televisión digital terrestres; ésta torre tiene una altura de 180 fts (54.86 m) ensamblada en 9 secciones de 20 fts cada una, con camisas de 1 ft y debidamente atornilladas para garantizar estabilidad, como la seguridad de las persona que trabajan en la planta; tanto la torre como sus accesorios están fabricados con tubo galvanizado en frío o en caliente y debidamente pintada en cada sección con colores rojo y blanco alternados como se requiere por parte de aeronáutica civil.

Figura 30. **Vista de elevación de torre arriostrada de 54 metros con sus respectivos tirantes.**



Fuente: elaboración propia, con programa Visio.

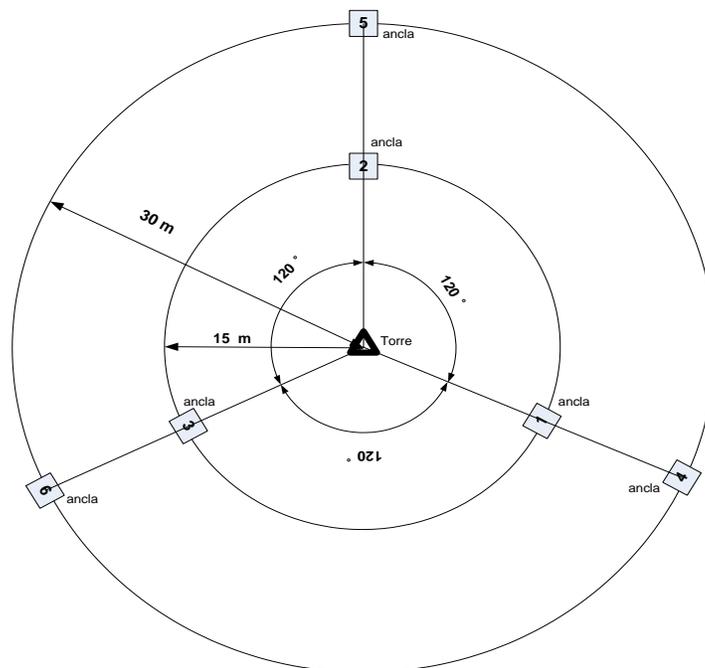
Conforme la altura de la torre se incrementa también el tamaño de los lados del triángulo que forma cada sección de torre, así como también debe incrementarse el diámetro del tubo con que se construye, para las dimensiones de esta torre se utiliza un mínimo de 18 pulgadas por lado del triángulo y el diámetro del tubo utilizado es de 2 pulgadas; estas precauciones tienen que ver no sólo con la altura de la torre sino con la carga que se aplicará, puesto que deberán soportar un sistema radiante extra durante la etapa de transición que podría durar aproximadamente diez años para Guatemala.

### 3.2.2.2. **Número y distribución de anclas**

En la figura 31, se muestra la distribución de las 6 anclas colocadas de manera geométricamente equitativa, que sostienen a la torre junto con los 18 tirantes. Las

primeras tres anclas están separadas 120 grados una de otra y forman un círculo con un radio de 15 m de la base de la torre; el segundo grupo de anclas, de la 4 a la 6, de igual manera están separadas 120 grados y a una distancia de 30 m de la base, que corresponde al doble del primer radio, para que de ese modo se logre una buena estabilidad y que ningún ancla o tirante ejerza una tensión extra que podría torcer o inclinar la torre.

Figura 31. **Vista en planta de la torre con sus 6 anclas distribuidas a 120 grados**



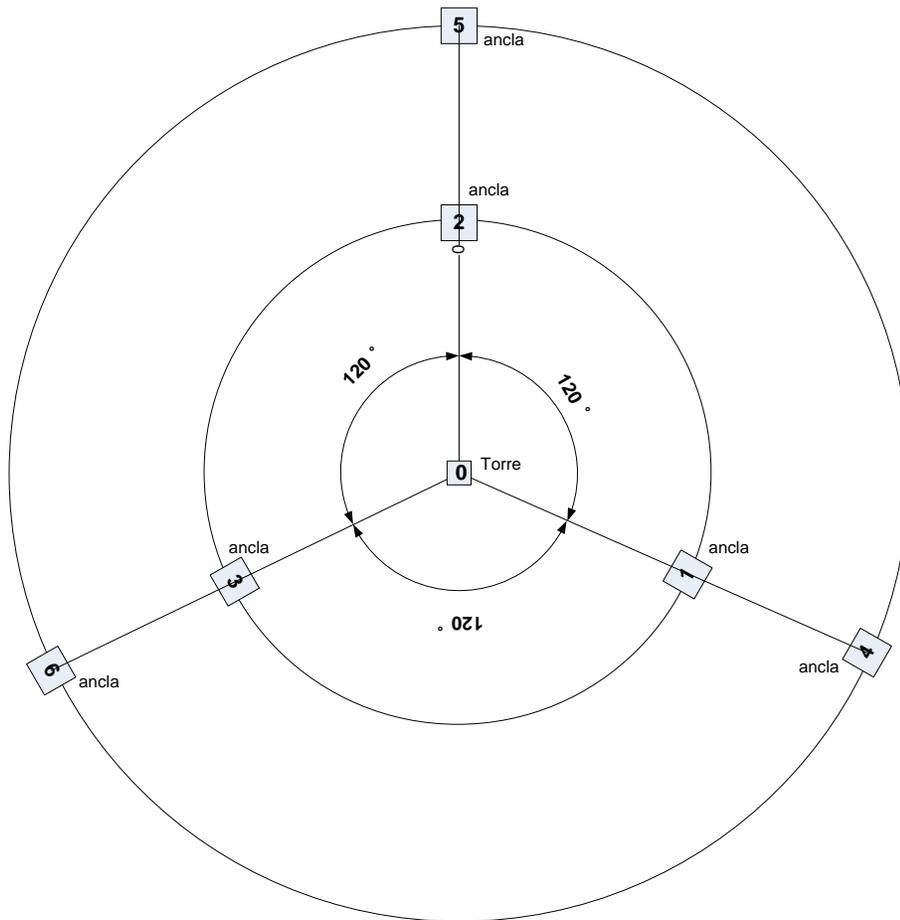
Fuente: elaboración propia, con programa Visio.

### 3.2.2.3. Cimentaciones

Las cimentaciones se han estimado para una resistencia admisible del terreno de 2 Kg/cm<sup>2</sup>, aunque podrían aceptarse terrenos con resistencia admisible de 1Kg/cm<sup>2</sup>. El hormigón a emplear tendrá una resistencia característica mínima de 25 N/mm<sup>2</sup>. (HA-25)

y el nivel de control estimado es el reducido. En función del emplazamiento concreto, estudio geotécnico y nivel de control, deberán reconsiderarse los cálculos.

Figura 32. **Distribución de las anclas y base de la torre**



Fuente: elaboración propia, con programa Visio.

En la figura 32, se muestran las zapatas de 6 anclas que sujetan a la torre así como la zapata de la base, sobre la que sienta la torre. Las dimensiones de cada zapata se muestran en la tabla VII, con el número correspondiente al mostrado en la figura 32 de cada ancla como de la base.

Tabla VII. **Dimensiones y volumen de las zapatas que forman anclaje de torre**

Número de zapata	Longitud en X (cm)	Longitud en Y (cm)	Profundidad (cm)	Volumen (m <sup>3</sup> )
4, 5 y 6	185	185	55	1.882
1, 2 y 3	165	165	55	1.497
0	90	90	45	0.365

Fuente: elaboración propia.

#### 3.2.2.4. **Señalización**

De acuerdo con las normas de la OACI (Organización Internacional de Aviación Civil), los tramos deberán colocarse alternativamente en colores blanco y rojo aeronáuticos, siendo de este último color los extremos, con el fin de ser fácilmente distinguidos durante el día. Los tramos pueden estar formados por más de un elemento seguido del mismo color, manteniendo siempre la misma proporción entre los colores (rojo/blanco - rojo, rojo/blanco, blanco - etc.), en torretas con altura superior a los 45m. deberá colocarse, además, un balizamiento nocturno, consistente en tres luces dobles cada 45 m y en color rojo.

#### 3.2.3. **Instalación eléctrica**

La instalación eléctrica adecuadamente diseñada es muy importante para garantizar el funcionamiento del equipo, alargar la vida útil del mismo, así como proteger la vida de las personas y el equipo de las descargas electro-atmosféricas y de cortos circuitos internos. Por lo cual se deberán tomar en cuenta la utilización de calibres adecuados, interruptores que protejan el circuito, supresores de transcientes, pararrayos, puesta a tierra con la mínima resistencia, etc. Debido a las fluctuaciones en el nivel del voltaje en toda Guatemala, será muy importante contar con un sistema de emergencia así como un regulador de voltaje.

### 3.2.3.1. Diseño de la instalación eléctrica

Se debe determinar los elementos que deberán energizarse asignándoles un circuito individual según conveniencia, en este caso se deben considerar circuitos individuales para los transmisores, equipo, fuerza, e iluminación para los distintos ambientes, como se muestra en la tabla VII.

El consumo del transmisor analógico como digital determinarán en gran medida el consumo total de la energía, que se considerará que es 3 veces el valor de la potencia, de tal manera que tenemos un consumo de 6 kVA (3x6,000) por cada uno, los transmisores digitales se están fabricando con estado sólido por lo que tienen una menor pérdida de energía por disipación térmica; sin embargo los circuitos deben quedar con un 25% de reserva por la instalación futura que se puedan dar; por lo cual se puede hacer una buena estimación considerando que ambos transmisores consumen la misma energía eléctrica.

Tabla VIII. Descripción de los diferentes circuitos eléctricos de la repetidora

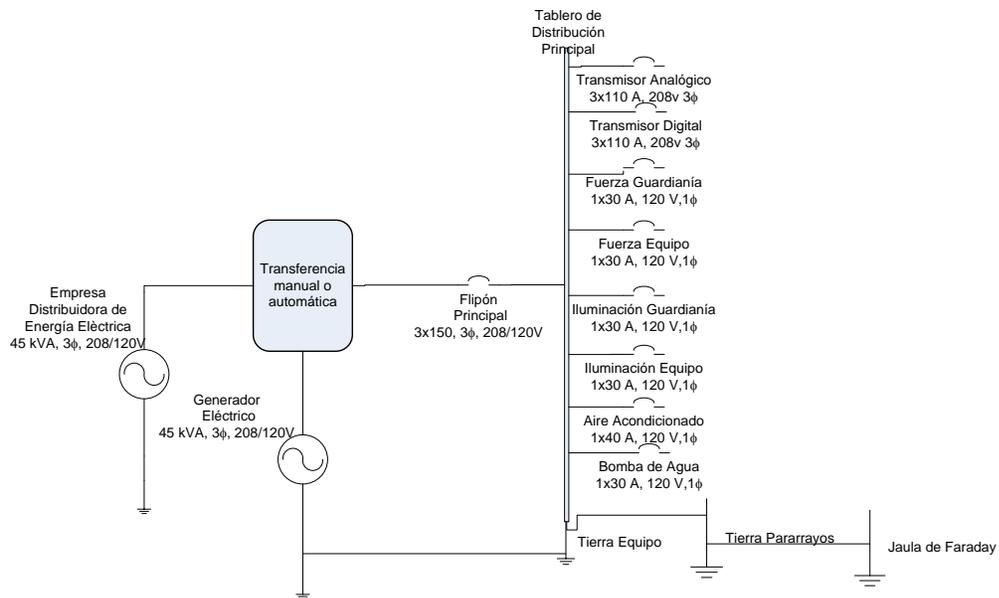
N o.	Circuito	Potencia Aparente	Voltaje [V]	Amperaje [A]	Cable	Interruptor [A]
1	Transmisor Analógico	6 kVA	208, 3 $\phi$ , Y	110 A	THHN 3	3x110 A
2	Transmisor Digital	6 kVA	208, 3 $\phi$ , Y	110 A	THHN 3	3x110 A
3	Fuerza guardianía	3.6 kVA	120, 1 $\phi$	30 A	THHN 12	1x30 A
4	Fuerza equipo	3.6 kVA	120, 1 $\phi$	30 A	THHN 12	1x30 A
5	Iluminación guardianía	3.6 kVA	120, 1 $\phi$	30 A	THHN 12	1x30 A
6	Iluminación Equipo	3.6 kVA	120, 1 $\phi$	30 A	THHN 12	1x30 A
7	Aire Acondicionado	8.320 kVA	208, 3 $\phi$	40 A	THHN 10	1x40 A
8	Bomba de agua	3.6 kVA	120, 1 $\phi$	30 A	THHN 12	1x30 A
	TOTAL	38 kVA	208, 3 $\phi$			

Fuente: elaboración propia.

En la tabla VIII, se tiene una lista de los circuitos que se dispondrán, con una potencia aparente, voltaje nominal, corriente nominal, tipo y calibre del circuito, y el

interruptor termo magnético por cada uno, se debe tener presente que la corriente de disparo del interruptor tiene un 25% más que la corriente máxima del cable y éste cable tiene también un 25% más que la corriente nominal pensando en que el interruptor debe dispararse para proteger al cable y el cable estar diseñado para crecimiento a futuro. El tablero de distribución principal puede ser uno de 24 polos y las barras soportar una corriente máxima de 200 amperios, algunas instalaciones eléctricas en las repetidoras podrán soportar la inclusión de un sistema extra de recepción y transmisión; de lo contrario habrá que hacer ampliaciones a la instalación eléctrica o la instalación eléctrica independiente para esta repetidora de televisión digital terrestre.

Figura 33. **Diagrama de la instalación eléctrica en la planta repetidora**



Fuente: elaboración propia, con programa Visio.

En la figura 33, se muestra un diagrama esquemático de la empresa distribuidora a través de un transformador trifásico de 45 kVA, un generador eléctrico de la misma capacidad, un tablero de transferencia manual o automática que arrancará el generador

en el momento que se pierda la energía eléctrica y segundos después conectará la carga para que la planta repetidora pueda continuar con su emisión.

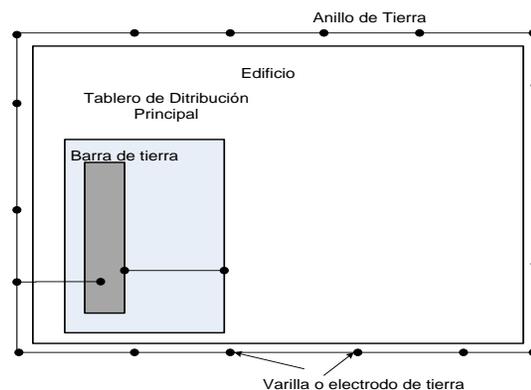
### 3.2.3.2. Sistema de tierra física

Existen tres razones básicas para realizar una conexión a tierra:

- Para limitar los voltajes causados por descargas atmosféricas o por contacto accidental con conductores de más alto voltaje.
- Para estabilizar el voltaje durante operaciones normales.
- Para facilitar la operación de los dispositivos de sobre corriente, tales como fusibles, relés, bajo condiciones de fallas a tierra.

Según el Código Eléctrico Nacional (NEC) de resistencia se debe tener un valor de  $25 \Omega$  para evitar problemas, pero por experiencia y para la protección de las plantas repetidoras el valor máximo de la resistencia es de  $5 \Omega$ .

Figura 34. Anillo de tierra para planta repetidora



Fuente: CONPRO. Puestas a tierra para sistemas eléctricos de CA. Grounding Technologies, Inc.

p. 15.

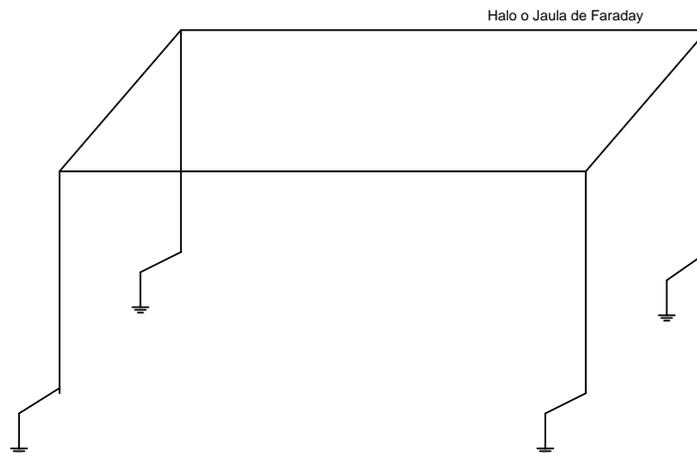
Los sistemas de tierras físicas deben ser completos para la planta repetidora, por lo cual se debe de utilizar una anillo de tierra formado por varias varillas o electrodos

sembrados, con el tratamiento de tierra adecuado, en toda la periferia de la planta y unidas todas para formar un anillo e interconectarse como se muestra en la figura 34.

#### 3.2.3.2.1. Halo o Jaula de Faraday

También se debe de utilizar una Jaula de Faraday, anillo interior o halo que consiste en utilizar conductores interconectados en todas las esquinas de la sala de transmisión a manera de formar una jaula. Usualmente se utiliza cable no. 2 AWG o mayor, multifilar de cobre; el método no permite la conexión del halo a la barra de tierra principal generalmente se conecta al halo, todo metal inactivo, tal como los marcos metálicos de las puertas y ventanas, tubería de aire acondicionado, entre otros. Se debe hacer notar que no se puede conectar para nada al equipo puesto que induciría la energía absorbida.

Figura 35. Halo, anillo interior o Jaula de Faraday



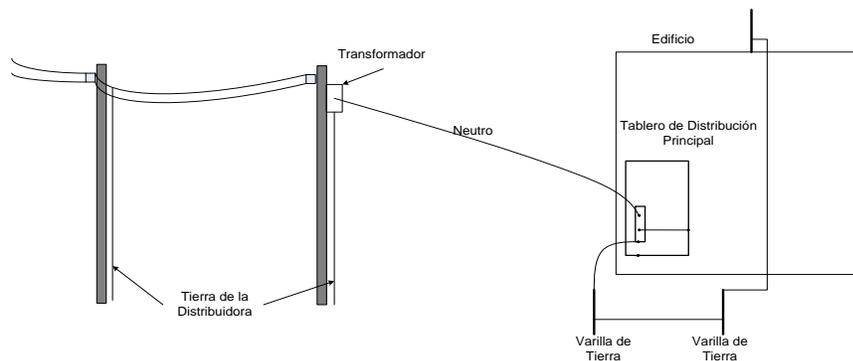
Fuente: CONPRO. Puestas a tierra para sistemas eléctricos de CA. Grounding Technologies, Inc.

p. 101.

### 3.2.3.2.2. Tierra de protección frente a rayos

Para telecomunicaciones así como para las plantas repetidoras podría aspirarse a una resistencia de  $1 \Omega$ , pero en la realidad va ser muy difícil por lo que se podría tomar como aceptable una resistencia de  $5 \Omega$ ; la varilla de tierra para rayos es un sistema especial de electrodo. El conductor de tierra para el electrodo para rayos debe ir directamente desde la varilla pararrayos en el techo al electrodo de tierra sin empalmes o curvaturas cerradas, el cable es usualmente desnudo y se fija en la parte exterior del edificio, para mantener altas corrientes y los pulsos EMI (interferencia Electromagnética) de alta intensidad lejos del equipo electrónico, en la figura 36 se muestra un ejemplo de un sistema de protección frente a rayos.

Figura 36. Tierra de protección contra rayos



Fuente: CONPRO. Puestas a tierra para sistemas eléctricos de CA. Grounding Technologies, Inc. p. 32.

Existen tres cosas importantes para recordar sobre las descargas de rayos

- El nivel de energía es muy alto
- La energía viaja sobre la superficie del cable
- Esta energía puede ser radiada

Una trayectoria alterna para la energía del rayo puede ser proporcionada con supresores de sobre voltaje transitorios, tales dispositivos pueden ser conectados en tableros primarios o secundarios o instalados para proteger equipo específico. Los supresores de transitorios limitan o fijan el voltaje a un nivel el cual no causa errores o daños catastróficos al equipo electrónico.

#### 3.2.3.2.3. **Referencia única de tierra**

El código permite que se interconecten múltiples electrodos de tierra como varillas de tierra que viene de un pararrayos, tubería metálica, electrodos de placa. Se requiere de un único punto de referencia a tierra para evitar bucles de tierra. Si otra varilla de tierra es instalada y conectada a un equipo en el edificio, es decir una tierra separada, es una violación del código y estarán presentes bucles de tierra los cuales crearán voltajes y ruidos indeseables que pueden afectar el buen funcionamiento del equipo.

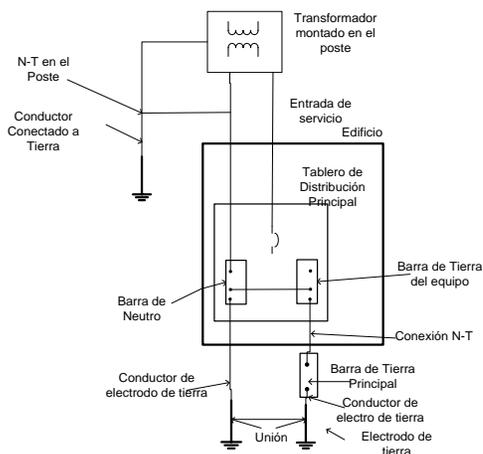
#### 3.2.3.2.4. **Tierra para planta repetidora**

Tomando como referencia los requerimientos debido a la similitud de equipo que se utiliza en telecomunicaciones podemos decir que se utilizar una barra de tierra principal como referencia de tierra para varios sistemas de un edificio, tal como la tierra del equipo de transmisión y recepción satelital, tierras RF, tierras halo y para las tierras aisladas del equipo electrónico. La figura 37 muestra la conexión a tierra típica para un sitio de telecomunicaciones, la barra de tierra principal se ubica fuera del equipo de servicio, donde esté accesible, los varios conductores para los equipos no eléctricos, la tierra de telecomunicaciones y las tierras CD pueden ser fácilmente conectadas a esta barra sin la necesidad de un electricista.

Existen varias importantes razones para el uso de la Barra de Tierra Principal en la industria de telecomunicaciones. Una de ellas, es la cantidad de conexiones, por lo tanto numerosos agujeros se requieren. Dos, debe existir un punto central para remover los terminales, lo que es necesario cuando se aíslan los problemas. Tres, es un factor de

seguridad, de tal forma que nadie remueva un neutro por error cuando busca una tierra ruidosa. Cuarto, proporciona un medio de distribución la tierra a través del edificio en una forma controlable.

Figura 37. **La conexión a tierra típica para un sitio de telecomunicaciones**



Fuente: CONPRO. Puestas a tierra para sistemas eléctricos de CA. p. 47. Grounding Technologies, Inc.

### 3.2.4. Transmisor

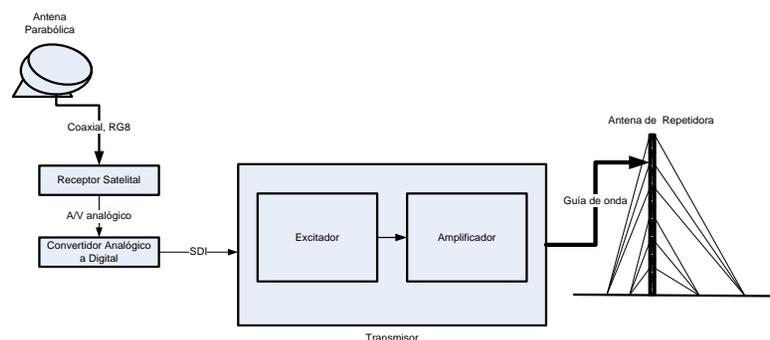
El transmisor de televisión digital, dentro de la red de repetidoras, puede ser el elemento más costoso y que electrónicamente integrará todo el procesamiento y correcciones que se deban hacer a la red para lograr una adecuada cobertura. La instalación eléctrica deberá realizarse especialmente para evitar cualquier daño que pueda sufrir, puesto que será muy difícil pensar en que se tendrá un transmisor de emergencia para garantizar la transmisión en medio de alguna falla por problemas eléctricos; también el aire acondicionado como el mantenimiento al lugar se debe procurar para lograr un óptimo funcionamiento así como para prevenir sobrecalentamiento que perjudique la vida útil.

De igual manera la operación del equipo deberá realizarse por personal bien capacitado para evitar accidentes para el personal, así como para prevenir riesgos al transmisor, en el capítulo 1 se describen con detalle los elementos que conforman un transmisor, que para el de 2 kwatts de potencia radiada, en la repetidora de mayor cobertura podrá necesitar únicamente un rack de 19 pulgadas, podrá utilizar módulos o tarjetas de amplificación que son las que producirán más consumo de energía en la transmisión y disipación de la misma en forma de calor.

### 3.3. Sistema integrado de repetidora

El sistema integrado en una repetidora de televisión digital terrena inicia con la antena parabólica que sintoniza y amplifica la pequeña señal, por medio del LNB, que proviene del satélite y que es decodificado a banda base en analógico o en digital. Luego de tener recuperada la señal por parte del decodificador, si es analógica debe pasar a una conversión de señal analógica a digital en SDI para poder ingresar al excitador; éste realiza todo el proceso descrito en el capítulo 1 y se inyecta al amplificador o arreglo de amplificadores de estado sólido y que luego de subir el nivel de señal requerido se procede a conectarla a las antenas.

Figura 38. Sistema integrado en planta repetidora de televisión digital terrestre



Fuente: elaboración propia, con programa Visio.

En la figura 38, se puede observar todo el sistema integrado que funciona en una planta repetidora perteneciente a la red, así como se pudo estudiar en el presente capítulo. Si la aspiración es transmitir una señal HD totalmente habría que hacer mejoras en la estación terrena y en los receptores satelitales para que se baje la señal HD a una analógica NTSC para inyectarle a la repetidora analógica durante el período de emisión simultánea. Esta es la opción en la que no se tiene que invertir en el enlace satelital, en la que se utiliza la torre de la repetidora analógica y se invierte en convertidor analógico digital, transmisor digital y sistema radiante así como las mejoras al sistema eléctrico, aire acondicionado y torre.

#### **4. RED DE REPETIDORAS DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE**

Para los canales de la televisión nacional que poseen repetidoras en frecuencias distintas a las que poseen en los departamentos de Guatemala y Sacatepéquez será necesaria la adaptación del trabajo en una sola frecuencia a lo largo de la República, según el planteamiento de esta tesis, que considera que el uso de una red de frecuencia única para cada canal será suficiente para cubrir las áreas acostumbradas y aprovechando los accidentes geográficos, la dispersión de las poblaciones y los beneficios que la televisión digital terrestre implica, poder hacer una transición de analógico a digital que beneficie la comunicación y la entretenimiento de la población Guatemalteca.

Será necesaria la elaboración de estudios más detallados del mercado, infraestructura, equipo y costos que representarán la implementación de repetidoras en instalaciones existentes o en repetidoras nuevas, con otras ubicaciones que puedan brindar la posibilidad a la población.

El presente trabajo pretende ser una guía frente a los recursos que se tienen con los sitios de repetidora de televisión analógica, las facilidades tecnológicas especialmente la de poder sincronizar los transmisores y los ecualizadores adaptivos en los receptores, y un panorama de las poblaciones emergentes, que debido a su crecimiento de los últimos años amerita la instalación de una repetidora de televisión digital terrestre, así como el reconocimiento de la multiculturalidad existente en Guatemala para pensar en repetidoras específicas para esos mercados que no han sido considerados.

La red de repetidora de televisión analógica existente de la televisión nacional, específicamente el caso de canal 3, según el Ingeniero Edgar Sandoval se creó con criterios, recursos tecnológicos y con un entorno muy distinto y diferente al existente en

la actualidad y que los sitios para la instalación de repetidoras de televisión digital terrestre no podía y no debía ser para nada los mismos porque, fundamentalmente, existía sitios que son muy inaccesibles y distantes, que mucha de la potencia se pierde en el trayecto hasta la poblaciones metas.

La sincronización de las repetidoras ha creado la idea de trabajar en celdas pequeñas, medianas y grandes, de manera similar a la concepción de la telefonía celular y para Guatemala que está muy accidentada y que es un país pequeño comparado con los Estados Unidos, las redes analógicas casan perfectamente en la idea de las celdas de televisión digital terrestre, por lo que no hace falta pensar en celdas más pequeñas porque las que se utilizan actualmente son celdas medianas y pequeñas, en algunos casos son celdas grandes.

Por otro lado el costo por la pérdida de potencia en el trayecto para sitios distantes de los puntos se compensa con el área de cobertura; como es el caso de la repetidora Siete Orejas que brinda cobertura a tres cabeceras departamentales y sus municipios aledaños.

Debido a que las frecuencias para la televisión digital no están asignadas se deben considerar las limitaciones de interferencia de canales adyacentes que se hacen entre transmisores analógicos y digitales, especialmente la interferencia que los transmisores digitales pueden hacer sobre los analógicos.

La opción que se debe descartar totalmente es la de poder utilizar un solo transmisor para cubrir todo el país, porque aunque se obtuviera un sitio en la punta del volcán de agua que algunas personas considera adecuado, el país no es plano y la sobra que se crea en los valles y cañones obliga a pensar que se requieren múltiples transmisores para poder cubrir la república. Incluso en el área norte se podría pensar en la posibilidad de un transmisor más potente, sin embargo la densidad poblacional es muy reducida.

#### 4.1. **Especificaciones de las repetidoras de televisión digital terrestre para Guatemala**

El diseño de la red de repetidora de televisión digital terrestre para Guatemala bajo el estándar ATSC se realizan considerando los factores con anterioridad, con la información que se tiene de las repetidoras analógicas del estándar NTSC de canal 3 existentes, el apoyo de la página de la FCC (*Federal Communications Commission*) (<http://www.fcc.gov>) y el programa de computadora Google Earth.

En la actualidad, las estaciones usufructuarias de los canales de televisión impares asignados para cubrir la ciudad capital guatemalteca, les corresponde una frecuencia par, para cubrir el resto de la República con el estándar NTSC; en el caso de Canal 3 (60-66 MHz), para el cual se hará el planteamiento de la presente investigación, le corresponde la frecuencia de canal 10 (192-198 MHz) como repetidora y considerando que la Superintendencia de Telecomunicaciones SIT ha asignado la frecuencia de Canal 19 (500-506 MHz) a Radio Televisión Guatemala S. A.

Para realizar pruebas de transmisión de televisión digital, se toman estos datos para el planteamiento de la presente Tesis respecto a la red de repetidoras de televisión digital terrestre. Debido a las limitaciones del espectro electromagnético existente se diseñará una Red de Frecuencia Única (*Single Frequency Network SFN*) como la mejor opción para Guatemala y su proceso de migración a la televisión digital.

Basados en la información proporcionada en la página web de la FCC para las estaciones de televisión NTSC, los contornos de servicio según las secciones 73.683 y sección 73.685 son los mostrados en la tabla IX. Esta información es importante para poder determinar la Potencia Efectiva Radiada, área de cobertura y la ubicación de las repetidoras de TDT respecto de las ya existentes repetidoras analógicas, para poder evitar hasta donde sea posible la interferencia de canal adyacente.

Tabla IX. **Contorno de servicio para transmisión de televisión NTSC**

Canales	Contorno de Servicios Grado B	Contorno de Servicios Grado A	Contorno de Servicio Ciudad Grande
Canales del 2 al 6	47 dBu	68 dBu	74 dBu
Canales del 7 al 13	56 dBu	71 dBu	77 dBu
Canales del 14 al 69	64 dBu	74 dBu	80 dBu

Fuente: <http://www.fcc.gov/mb/audio/bickel/curves.html>. Consulta diciembre de 2007.

Para estaciones de DTV, los niveles de intensidad de campo deben de estar enmarcados en un valor mínimo distinto al definido para analógico y que según la FCC estos valores son como se muestran en la tabla X. Esto refleja las capacidades de la codificación para el manejo del ruido en las señales digitales, así como un ahorro en la potencia de transmisión de las repetidoras digitales para poder llegar a cubrir las mismas áreas de cobertura analógicas de los televidentes en cualquier parte del país.

Además de estos datos proporcionados por la FCC existe apoyo en línea para poder calcular la Altura Sobre la Tierra Promedio ASTP, que se puede obtener en el link: [http://www.fcc.gov/mb/audio/bickel/haat\\_calculator.html](http://www.fcc.gov/mb/audio/bickel/haat_calculator.html) para determinar el contorno de las áreas de cobertura, potencia efectiva radiada para los límites mostrados en las tablas anteriores de cada una de las 26 repetidoras de televisión digital terrestre.

Es importante resaltar que los niveles establecidos de intensidad de campo son distintos para señal analógica como para televisión digital, para no confundirlas en el momento del diseño de las coberturas así como en el momento del monitoreo para el seguimiento necesario para la verificación de las señales y las coberturas propuestas.

Tabla X. **Contorno de servicio para transmisión de televisión ATSC**

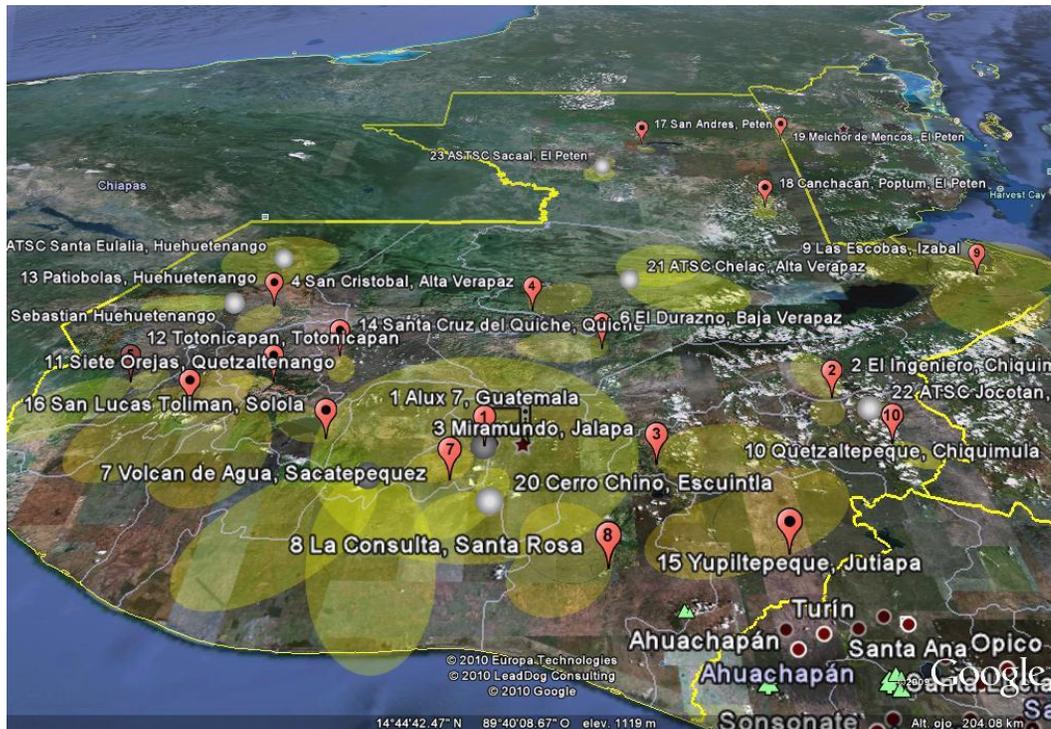
Canales	Límite de Ruido de Servicio DTV	Campo de Fuerza mínimo sobre la comunidad con licencia
Canales del 2 al 6	28 dBu	35 dBu
Canales del 7 al 13	36 dBu	43 dBu
Canales del 14 al 69	41 dBu	48 dBu

Fuente: <http://www.fcc.gov/mb/audio/bickel/curves.html>. Consulta diciembre de 2007

Otra información que se ha tomado en cuenta es el crecimiento poblacional hasta el año 2010 estimado por el Instituto Nacional de Estadística de Guatemala INE para fundamentar el criterio de que poblados con más de 100 mil habitantes ameritan la instalación de una repetidora de televisión digital si en la actualidad no existen en funcionamiento una de televisión analógica. Como herramienta se utilizó un mapa hipsométrico de la República de Guatemala obtenido en el Instituto Geográfico Nacional IGN. Además se utilizó el Google Earth como herramienta para modelar las áreas de cobertura de las repetidoras, determinar altura sobre el nivel del mar de las repetidoras con los respectivos acercamientos y movimientos en tres dimensiones.

Uno de los primeros resultados de esta investigación se plasma en la tabla XI que indica la ubicación de las 26 repetidoras de TDT, con el número de habitantes que cubren cada una de ellas hasta el 2010. Debido al crecimiento poblacional de Guatemala, la red de repetidoras de canal 3 en analógico no posee las repetidoras identificadas con los números 19, 21, 22, 23, 24, 25 y 26, por lo que en digital se debe completar los sitios existentes.

Figura 39. **Mapa de Guatemala con las coberturas de toda la red de repetidoras de televisión digital terrestre**



Fuente: elaboración propia, con programas Photoshop y Google Earth.

La figura 39 muestra el conjunto de repetidoras en toda la república con un gráfico elaborado en Google Earth en donde las figuras rojas con un número en el centro representan el número de repetidora en el cual irán apareciendo en el presente trabajo, en amarillo se puede apreciar el área de cobertura de cada repetidora de televisión digital, obviamente que en algunos casos en que las repetidoras se traslapan se ve un amarillo mas intenso, aunque claro está que debido a que estas gráficas no son generadas con un modelo real que tome en cuenta los valles y los cerros es un poco difícil apreciarlo, sin embargo la ayuda que la herramienta puede brindar de manera individual puede generar un panorama real de lo que sucede con las zonas de cobertura.

Tabla XI. **Ubicación de los sitios de la red de repetidoras de TDT para Guatemala con las poblaciones correspondientes**

No.	Sitio	Municipio	Departamento	Población [habitantes]
1	Alux 7 (3)	Mixco	Guatemala	3,674,325
2	El Ingeniero	Chiquimula	Chiquimula	187,983
3	Miramundo	Mataquescuintla	Jalapa	243,703
4	San Cristóbal	San Cristóbal	Alta Verapaz	558,769
5	El Boquerón	Palo Gordo	San Marcos	359,855
6	El durazno	Salamá	Baja Verapaz	116,645
7	Volcán de Agua	Santa María de Jesús	Sacatepéquez	211,712
8	La Consulta (Ixhuatan)	Cuilapa	Santa Rosa	221,149
9	Cerro Las Escobas	Santo Tomas	Izabal	271,797
10	Quetzaltepeque	Quetzaltepeque	Chiquimula	53,201
11	Siete Orejas	Quetzaltenango	Quetzaltenango	931,301
12	Totonicapán	Totonicapán	Totonicapán	258,184
13	Patiobolas	Huehuetenango	Huehuetenango	210,699
14	Santa Cruz del Quiche	Quiche	Quiche	235,815
15	Yupiltepeque	Yupiltepeque	Jutiapa	294,134
16	San Lucas Tolimán	San Lucas Tolimán	Sololá	211,063
17	San Andrés	San Andrés	Peten	111,931
18	Canchacan	Poptún	Peten	132,934
19	Momostenango	Momostenango	Totonicapán	120,742
20	Cerro Chino	San Vicente Pacaya	Escuintla	326,188
21	Chelac	San Pedro Carcha	Alta Verapaz	231,790
22	Jocotán	Jocotán	Chiquimula	102,400
23	Sacaal	La Libertad	Peten	214,430
24	Santa Eulalia	Santa Eulalia	Huehuetenango	380,775
25	San Sebastián	San Sebastián Huehuetenango	Huehuetenango	166,965
26	El Pacayal	Pochuta	Chimaltenango	484,804

Fuente: Instituto Nacional de Estadística –INE- IV Censo Nacional Agropecuario 2003.

#### 4.1.1. Planta de transmisión 1 cerro Alux de la red en SFN

Aprovechando el potencial del cerro Alux para poder llevar señal a varios Departamentos se considera que con un patrón de radiación omnidireccional será conveniente instalar un transmisor que conforme una celda grande de 50 km de radio de cobertura a partir del mismo sitio de NTSC; puesto que para evitar interferencia de canales en frecuencia adyacente, en las áreas de cobertura, se deben instalar las repetidoras digitales 5 km a la redonda del sitio existente de NTSC.

Figura 40. Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre del cerro Alux



Fuente: elaboración propia, con programas Photoshop y Google Earth.

En la tabla XII, como en las otras 25 tablas del mismo tipo, se inicia en el lado izquierdo identificando con un número la repetidora de TDT, luego aparece el nombre del sitio, la elevación o altura sobre el nivel del mar, la altura de la torre existente o nueva, la velocidad máxima del viento, potencia del transmisor en Kwatts; el patrón de radiación de las antenas; intensidad de campo requerida en el contorno determinado por el área de cobertura elegida y permitida por la geografía.

La altura sobre la tierra promedio que se puede determinar en línea a través de la página de la FCC, la potencia efectiva radiada que se obtiene de multiplicar la potencia del transmisor por la ganancia de la antena para el canal 19 en la banda de 470 - 860 MHz; en este caso no se consideraron las pérdidas por uniones tampoco de la guía de onda; finalmente la distancia de contorno en km.

**Tabla XII. Parámetros de diseño de la planta de transmisión de cerro Alux en la NFS.**

No.	Sitio	Elevación de torre (m)	Altura de Torre (m)	Velocidad de Viento de Diseño (Km s/h)	Potencia (kWatts)	Ganancia de Antena (unidades)	Patrón de Radiación	Intensidad de Campo (dBu)	ASTP (Altura Sobre la Tierra Promedio) (m)	PER (Potencia Efectiva Radiada) (kW)	Distancia de Contorno (km)
1	Alux 7 (3)	2280	57	160	0.500	4.25	Omni	55.492	703	2.125	50

Fuente: elaboración propia.

El nombre de este lugar es Alux 7 debido a que ahí se construyó la planta de transmisión de canal 7 y cuando la planta de transmisión de canal 3 sucumbiera a un atentado y a terremotos del 76 obligó al traslado de todo el equipo y es por ello que estos canales se encuentren ubicados en el mismo lugar.

Tabla XIII. **Municipios y poblaciones que cubre la planta de transmisión de TDT del Cerro Alux**

	Municipio	Población [habitantes]	Extensión [km <sup>2</sup> ]	Densidad [habitantes/km <sup>2</sup> ]	No. Repetido ra de TDT
Chimaltenango	1. Chimaltenango	114,440	49.118	2329.90	1
	2. San José Poaquíl	23,639	96.605	244.70	1
	3. San Martín Jilotepeque	72,982	410.194	177.92	1
	4. San Juan Comalapa	42,226	85.777	492.28	1
	5. Santa Apolonia	15,527	46.159	336.38	1
	6. Tecpán Guatemala	81,091	247.977	327.01	1
	7. Patzún	51,406	184.236	279.02	1
	8. Pochuta	11,170	129.562	86.21	1
	9. Patzicía	32,181	64.769	496.86	1
	10. Santa Cruz Balanyá	7,740	19.812	390.67	1
	11. Acatenango	21,814	130.991	166.53	1
	12. Yepocapa	30,521	205.520	148.51	1
	13. San Andrés Itzapa	30,430	67.681	449.61	1
	14. Parramos	14,572	29.433	495.09	1
	15. Zaragoza	23,960	51.925	461.43	1
	16. El Tejar	22,068	45.571	484.26	1
Escuintla	2. Guanagazapa	16,591	227.661	72.88	1
	13. Tiquisate	55,496	471.606	117.67	1
Guatemala	1. Guatemala	988,150	215.123	4593.42	1
	2. Santa Catarina Pinula	85,290	67.392	1265.58	1
	3. San José Pinula	67,730	198.171	341.78	1
	4. San José del Golfo	5,721	76.510	74.77	1
	5. Palencia	58,046	217.842	266.46	1
	6. Chianautla	121,306	67.095	1807.97	1
	7. San Pedro Ayampuc	67,728	106.894	633.60	1
	8. Mixco	474,421	90.359	5250.40	1
	9. San Pedro Sacatepéquez	40,059	28.907	1385.79	1
	10. San Juan Sacatepéquez	208,035	273.102	761.75	1
	11. San Raymundo	28,756	125.071	229.92	1
	12. Chuarrancho	12,462	118.015	105.60	1
	13. Fraijanes	42,607	115.254	369.68	1
	15. Villa Nueva	501,395	89.058	5629.98	1
	16. Villa Canales	139,449	280.149	497.77	1
	17. San Miguel Petapa	156,790	23.788	6591.14	1
	Sacatepéquez	8. San Bartolomé Milpas Altas	7,996	8.365	955.89
13. Santa María de Jesús		16,308	60.913	267.73	1
14. Santiago Sacatepéquez		28,167	40.528	695.00	1
15. Santo Domingo Xenacoj		9,915	24.815	399.56	1
	16. Sumpango	35,938	50.586	710.43	1

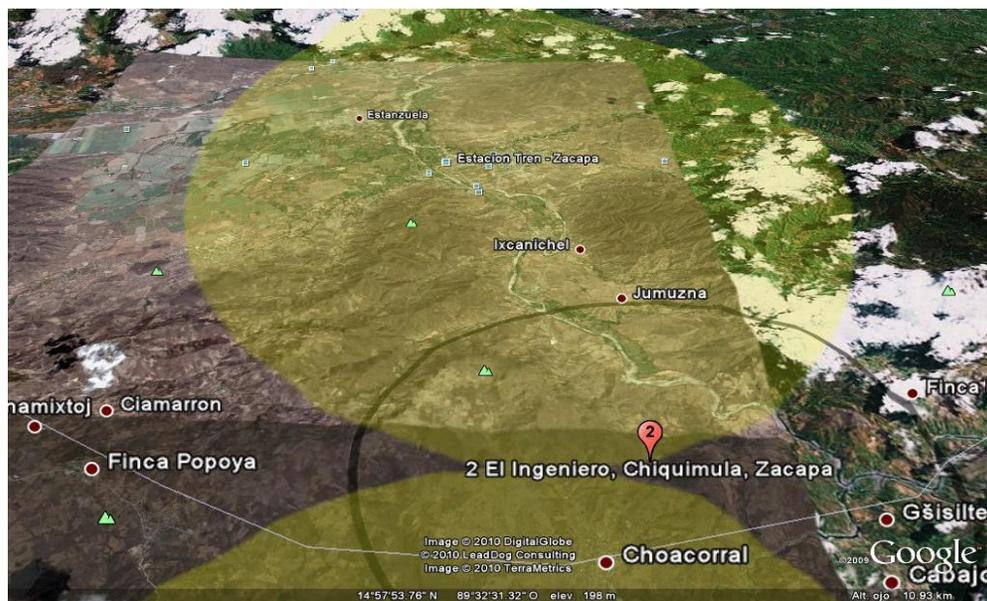
Fuente: Instituto Nacional de Estadística –INE- IV Censo Nacional Agropecuario 2003.

En la tabla XIII, como en las otras 25 tablas similares se pueden observar los municipios cubiertos por las repetidoras, la población proyectada al año 2010, la extensión territorial en km<sup>2</sup> y la densidad poblacional por km<sup>2</sup> según el INE en su IV Censo Nacional Agropecuario del año 2003.

#### 4.1.2. Repetidora 2, El Ingeniero de la red en SFN

La figura 41, muestra los patrones de radiación logrados con la repetidora instalada en el Ingeniero a través de dos lóbulos casi contrarios para llegar a Zacapa y municipios cercanos de un lado y a Chiquimula con los municipios cercanos del otro. Esta repetidora está aislada hacia el norte por la Sierra de las Minas y hacia el sur por las montañas y eso requiere otra repetidora para cubrir Esquipulas que no cumple con el criterio de tener una población mayor a 100 mil habitantes.

Figura 41. Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 2 de El Ingeniero hacia Zacapa



Fuente: elaboración propia, con programas Photoshop y Google Earth.

Figura 42. **Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 2 de El Ingeniero hacia Chiquimula**



Fuente: elaboración propia, con programas Photoshop y Google Earth.

Tabla XIV. **Parámetros de diseño de la repetidora de TDT número 2, en El Ingeniero, de la SFN**

No.	Sitio	Elevación de torre (m)	Altura de Torre (m)	Velocidad de Viento de Diseño (Km s/h)	Potencia (kWatts)	Ganancia de Antena (unidades)	Patrón de Radiación	Intensidad de Campo (dBu)	ASTP (Altura Sobre la Tierra Promedio) (m)	PER (Potencia Efectiva Radiada) (kW)	Distancia de Contorno (km)
2	El Ingeniero	661	30	160	0.300	8.50	dos lóbulos	52.377	63	2.550	27

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Municipios y poblaciones que cubre la repetidora de TDT El Ingeniero**

	No.	Municipio	Población [habitantes]	Extensión [km2]	Densidad [habitantes/km2]	No. Repetidora de TDT
Chiquimula	41	1. Chiquimula	91,951	353.443	260.16	2
	324	2. Estanduela	11,140	92.250	120.76	2
Zacapa	328	6. Río Hondo	17,764	458.147	38.77	2
	332	10. Zacapa	67,128	506.148	132.63	2

Fuente: Instituto Nacional de Estadística –INE- IV Censo Nacional Agropecuario 2003.

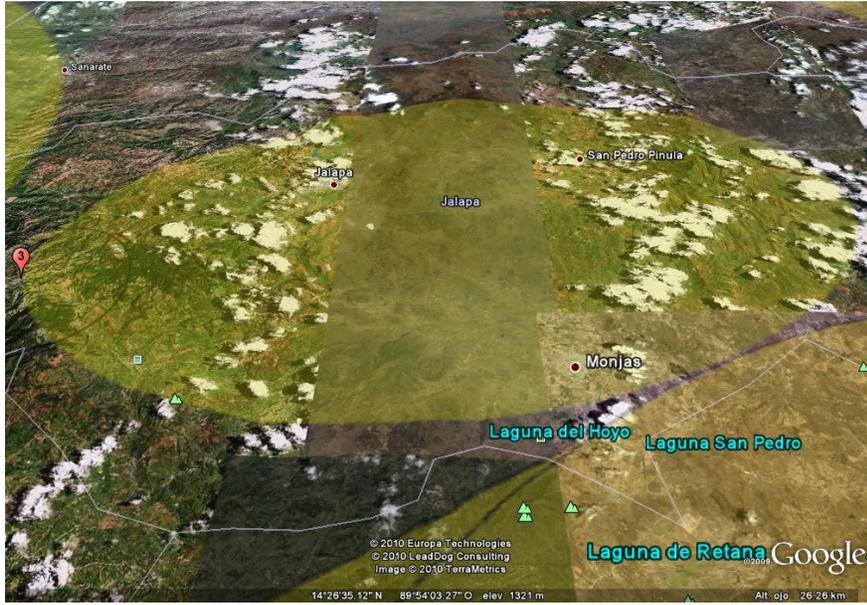
#### 4.1.3. **Repetidora 3 Miramundo de la red SFN**

La repetidora de Miramundo está limitada hacia el Nor-Oriente por el volcán Jumaytepeque y hacia el Sur-Oriente por el volcán Tuhual por lo cual se justifica un lóbulo direccionado.

La figura 43 nos muestra que la cobertura prevista en el diseño tiene un patrón de radiación de un lóbulo o cardioide, bañando los poblados de Monjas, Jalapa y San Pedro Pinula, pero en la tabla XXVII se hace mención también a San Luis Jilopetque. La altura del sitio es muy buena comparada con la altura de tierra promedio en la periferia por lo que los casi 1000 metros de que se tiene para instalar las antenas se logra una muy buena cobertura para lograr cubrir las poblaciones, puesto que los kilómetros de dispersión de la señal es muy amplia.

Para la población mayoritaria de Jalapa deberá enfocarse en ese lugar y que las otras poblaciones sean opcionales puesto que la población es mucho menor, puesto que para San Pedro Pinula y Monjas existen obstáculos de las montañas que no deben dejar de considerarse.

Figura 43. **Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 3 en Miramundo**



Fuente: elaboración propia, con programas Photoshop y Google Earth.

Tabla XVI. **Parámetros de diseño de la repetidora de TDT número 3, en Miramundo, de la SFN**

No.	Sitio	Elevación de torre (m)	Altura de Torre (m)	Velocidad de Viento de Diseño (Km/s/h)	Potencia (kWatts)	Ganancia de Antena (unidades)	Patrón de Radiación	Intensidad de Campo (dBu)	ASTP (Altura Sobre la Tierra Promedio) (m)	PER (Potencia Efectiva Radiada) (kW)	Distancia de Contorno (km)
3	Miramundo	2995	30	160	0.050	12.00	Unilóbulo	58.442	1210	0.600	45

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Municipios y poblaciones que cubre la repetidora de TDT del Ingeniero**

	No.	Municipio	Población [habitantes]	Extensión [km <sup>2</sup> ]	Densidad [habitantes/km <sup>2</sup> ]	No. Repetidora de TDT
Jalapa	160	1. Jalapa	138,740	686.414	202.12	3
	161	2. San Pedro Pinula	56,629	531.817	106.48	3
	162	3. San Luis Jilotepeque	24,373	210.477	115.80	3
	165	6. Monjas	23,961	148.373	161.49	3

Fuente: Instituto Nacional de Estadística –INE- IV Censo Nacional Agropecuario 2003.

#### 4.1.4. **Repetidora 4 San Cristóbal de la red SFN**

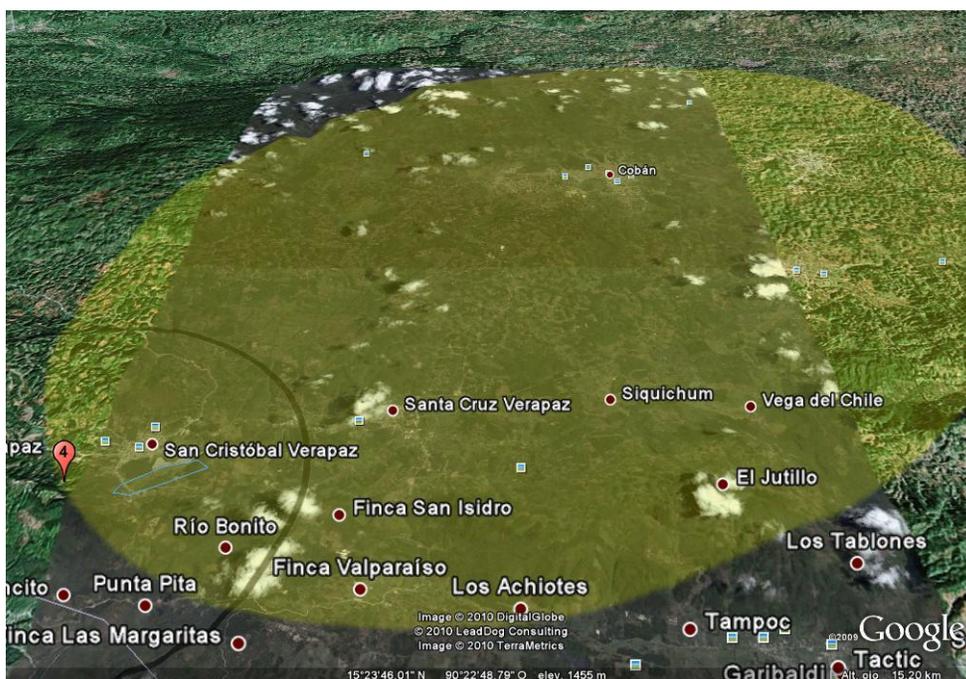
Esta repetidora se define para cubrir el área de la cabecera Departamental de Alta Verapaz y los municipios cercanos por medio de un lóbulo direccionado hacia Cobán y permitiendo la cobertura como se muestra en la tabla XIX.

Tabla XVIII. **Parámetros de diseño de la repetidora de TDT número 4, en San Cristóbal, Alta Verapaz**

No.	Sitio	Elevación de torre (m)	Altura de Torre (m)	Velocidad de Viento de Diseño (Km s/h)	Potencia (kWatts)	Ganancia de Antena (unidades)	Patrón de Radiación	Intensidad de Campo (dBu)	ASTP (Altura Sobre la Tierra Promedio) (m)	PER (Potencia Efectiva Radiada) (kW)	Distancia de Contorno (km)
4	San Cristóbal	1622	30	160	0.100	12.00	Un lóbulo	57.231	197	1.200	29

Fuente: elaboración propia.

Figura 44. **Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 4 en San Cristóbal, Alta Verapaz**



Fuente: elaboración propia, con programas Photoshop y Google Earth.

Tabla XIX. **Municipios y poblaciones que cubre la Repetidora de TDT del Ingeniero**

	No.	Municipio	Población [habitantes]	Extensión [km <sup>2</sup> ]	Densidad [habitantes/km <sup>2</sup> ]	No. Repetidora de TDT
Alta Verapaz	1	1. Cobán	215,796	2,295.167	94.02	4
	2	2. San Pedro Carchá	207,755	1,328.728	156.36	4
	3	3. San Juan Chamelco	54,423	188.923	288.07	4
	4	4. San Cristóbal Verapaz	57,657	388.895	148.26	4
	15	15. Santa Cruz Verapaz	23,138	79.012	292.84	4

Fuente: Instituto Nacional de Estadística –INE- IV Censo Nacional Agropecuario 2003.

#### 4.1.5. Repetidora 5 El Boquerón de la red SFN

La Repetidora El Boquerón está conformada por dos lóbulos casi laterales de las cuales el primer lóbulo va dirigido hacia San Pedro Sacatepéquez, San Marcos que está limitada hacia el norte por la Sierra Madre; hacia el Sur-Occidente queda libre en una gran distancia para llegar hasta los límites fronterizos de Guatemala con México donde se cubre con otra antenas con un segundo lóbulo direccional como puede observarse en la figura 46.

Figura 45. Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 5 en el Boquerón hacia Malacatán



Fuente: elaboración propia, con programas Photoshop y Google Earth.

Figura 46. **Mapa de la cobertura de la repetidora de TDT número 5 el Boquerón hacia San Pedro Sacatepéquez, San Marcos**



Fuente: elaboración propia, con programas Photoshop y Google Earth.

Tabla XX. **Parámetros de diseño de la repetidora de TDT número 5, en El Boquerón, San Marcos**

No.	Sitio	Elevación de torre (m)	Altura de Torre (m)	Velocidad de Viento de Diseño (Km s/h)	Potencia (kWatts)	Ganancia de Antena (unidades)	Patrón de Radiación	Intensidad de Campo (dBu)	ASTP (Altura Sobre la Tierra Promedio) (m)	PER (Potencia Efectiva Radiada) (kW)	Distancia de Contorno (km)
5	El Boquerón	2564	39	160	0.100	8.50	dos lóbulos	51.059	537	0.850	48

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Municipios y poblaciones que cubre la Repetidora de TDT de El Boquerón, San Marcos**

	No.	Municipio	Población [habitantes]	Extensión [km <sup>2</sup> ]	Densidad [habitantes/km <sup>2</sup> ]	No. Repetidora de TDT
San Marcos	233	1. San Marcos	48,919	120.552	405.79	5
	234	2. Tacón Umán	35,977	118.637	303.25	5
	235	3. Catarina	32,757	81.436	402.24	5
	239	7. El Rodeo	16,454	51.730	318.07	5
	240	8. El Tumbador	40,517	165.750	244.45	5
	241	9. Esquipulas Palo Gordo	11,143	50.545	220.46	5
	244	12. Malacatán	98,320	212.463	462.76	5
	245	13. Nuevo Progreso	34,742	140.459	247.35	5
	247	15. Pajapita	22,807	131.126	173.93	5
	249	17. San Antonio Sacatepéquez	19,103	47.315	403.74	5
	254	22. San Pablo	49,694	139.272	356.81	5
255	23. San Pedro Sacatepéquez	67,075	77.407	866.52	5	

Fuente: Instituto Nacional de Estadística –INE- IV Censo Nacional Agropecuario 2003.

#### 4.1.6. **Repetidora 6 El Durazno de la red SFN**

Esta repetidora está aislada hacia el Sur por la Sierra de Chuacus así como por montañas hacia el Norte, por tal razón se utiliza un arreglo de antenas que generan un lóbulo direccionado principalmente hacia la Cabecera Departamental de Baja Verapaz, la ventaja de este tipo de patrón de radiación es que se puede alcanzar una distancia muy larga concentrando una cantidad adecuada de antenas, para este caso que la geografía favorece y para otra necesidad de cubrir señal en cañones geográficos que alberque a comunidades en su interior.

Figura 47. **Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 6 en el Salamá, Baja Verapaz**



Fuente: elaboración propia, con programas Photoshop y Google Earth.

Tabla XXII. **Parámetros de diseño de la repetidora de TDT número 6, en Salamá, Baja Verapaz**

No.	Sitio	Elevación de torre (m)	Altura de Torre (m)	Velocidad de Viento de Diseño (Km s/h)	Potencia (kWatts)	Ganancia de Antena (unidades)	Patrón de Radiación	Intensidad de Campo (dBu)	ASTP (Altura Sobre la Tierra Promedio) (m)	PER (Potencia Efectiva Radiada) (kW)	Distancia de Contorno (km)
6	El durazno	2000	30	160	0.040	12.00	Un lóbulo	50.714	666	0.480	33

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. **Municipios y poblaciones que cubre la repetidora de TDT de Salamá, Baja Verapaz**

	No.	Municipio	Población [habitantes]	Extensión [km2]	Densidad [habitantes/km2]	No. Repetidora de TDT
Baja Verapaz	21	5. Rabinal	35,124	303.537	115.72	6
	22	6. Salamá	54,399	652.967	83.31	6
	23	7. San Miguel Chicaj	27,122	322.328	84.14	6

Fuente: Instituto Nacional de Estadística –INE- IV Censo Nacional Agropecuario 2003.

#### 4.1.7. **Repetidora 7 Volcán de Agua de la red SFN**

La cima del volcán de Agua permite lograr una altura de aproximadamente 3000 metros sobre el nivel del mar, sin embargo la repetidora analógica ya instalada de canal 3 únicamente llega a los 2659 metros que son suficientes para dar cobertura al valle en el que se encuentran la mayoría de los municipios de Sacatepéquez, el resto de municipios son cubiertos por el transmisor 1 instalado en el Cerro Alux de San Lucas Sacatepéquez.

Algunos expertos consideran que es el lugar ideal para hacer buena cobertura y posiblemente necesite mucho más estudio para ampliar su rango de acción o simplemente la inversión ya realizada en algunos lugares no justifique una infraestructura y equipamiento mayores.

Figura 48. **Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 7 en la Antigua Guatemala, Sacatepéquez**



Fuente: elaboración propia, con programas Photoshop y Google Earth.

Tabla XXIV. **Parámetros de diseño de la repetidora de TDT número 7, Antigua Guatemala, Sacatepéquez**

No.	Sitio	Elevación de torre (m)	Altura de Torre (m)	Velocidad de Viento de Diseño (Km s/h)	Potencia (kWatts)	Ganancia de Antena (unidades)	Patrón de Radiación	Intensidad de Campo (dBu)	ASTP (Altura Sobre la Tierra Promedio) (m)	PER (Potencia Efectiva Radiada) (kW)	Distancia de Contorno (km)
7	Volcán de Agua	2659	30	160	0.010	8.50	Dos lóbulos	70.300	1042	0.085	15

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. **Municipios y poblaciones que cubre la repetidora de TDT de Antigua Guatemala, Sacatepéquez**

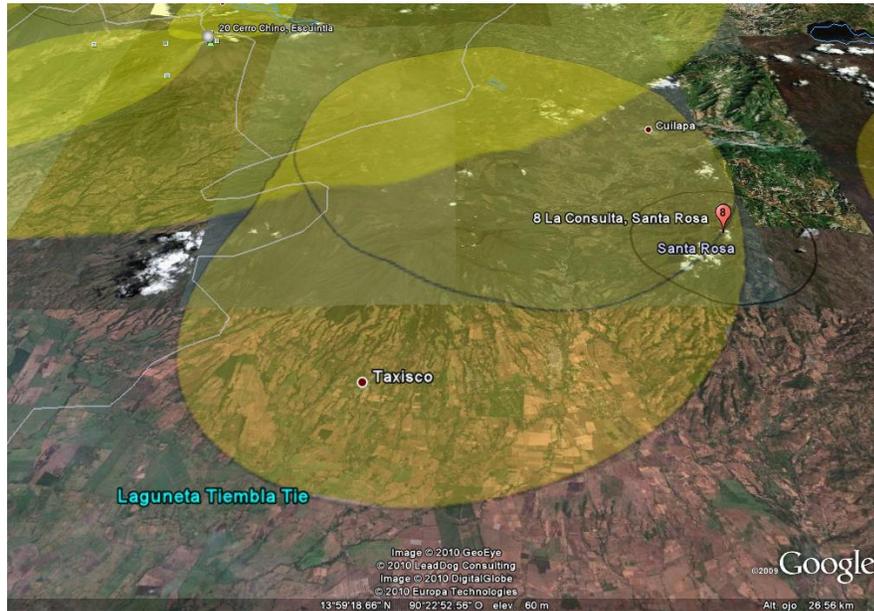
	No.	Municipio	Población [habitantes]	Extensión [km <sup>2</sup> ]	Densidad [habitantes/km <sup>2</sup> ]	No. Repetidora de TDT
Sacatepéquez	217	1. Antigua Guatemala	44,786	69.028	648.81	7
	218	2. San Juan Alotenango	25,107	90.245	278.21	7
	219	3. Ciudad Vieja	34,147	35.782	954.31	7
	220	4. Jocotenango	20,357	9.967	2042.44	7
	221	5. Magdalena Milpas Altas	10,436	14.598	714.89	7
	222	6. Pastores	14,481	39.228	369.15	7
	223	7. San Antonio Aguas Calientes	9,965	5.143	1937.59	7
	225	9. San Lucas Sacatepéquez	23,997	23.321	1028.99	7
	226	10. San Miguel Dueñas	10,905	44.844	243.18	7
	227	11. Santa Catarina Barahona	3,393	10.557	321.40	7
	228	12. Santa Lucía Milpas Altas	14,138	9.216	1534.07	7

Fuente: Instituto Nacional de Estadística –INE- IV Censo Nacional Agropecuario 2003.

#### 4.1.8. **Repetidora 8 La Consulta de la red SFN**

Identificada con el número 8 en el departamento de Santa Rosa está instalada una repetidora de televisión analógica, por lo cual se propone una repetidora en el mismo lugar para lograr una cobertura similar a la indicada en la tabla XXVII por medio de un arreglo de paneles del canal 19 colocados a los costados de la torre y con ello lograr un patrón de radiación con la cobertura que muestra la Figura 49. La Repetidora La Consulta se limita considerablemente hacia el Norte por el Volcán Jumaytepeque y mínimamente hacia el Occidente por el Volcán Tecuanburro, el transmisor requerido es uno de los más pequeños de la red.

Figura 49. **Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 8 en la Consulta, Santa Rosa**



Fuente: elaboración propia, con programas Photoshop y Google Earth.

Tabla XXVI. **Parámetros de diseño de la repetidora de TDT número 8, La Consulta, Santa Rosa**

No.	Sitio	Elevación de torre (m)	Altura de Torre (m)	Velocidad de Viento de Diseño (Km s/h)	Potencia (kWatts)	Ganancia de Antena (unidades)	Patrón de Radiación	Intensidad de Campo (dBu)	ASTP (Altura Sobre la Tierra Promedio) (m)	PER (Potencia Efectiva Radiada) (kW)	Distancia de Contorno (km)
8	La Consulta (Ixhuatan)	1690	39	160	0.010	8.50	Dos lóbulos	58.149	941	0.085	30

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. **Municipios y poblaciones que cubre la repetidora de TDT de La Consulta, Santa Rosa**

	No.	Municipio	Población [habitantes]	Extensión [km <sup>2</sup> ]	Densidad [habitantes/km <sup>2</sup> ]	No. Repetidora de TDT
Santa Rosa	262	1. Cuilapa	38,979	214.005	182.14	8
	264	3. Chiquimulilla	46,674	600.988	77.66	8
	265	4. Guazacapán	14,774	109.613	134.78	8
	268	7. Pueblo Nuevo Viñas	23,537	250.781	93.85	8
	271	10. Santa Cruz Naranjo	12,930	57.925	223.22	8
	273	12. Santa Rosa de Lima	17,260	134.232	128.58	8
	274	13. Taxisco	22,948	640.632	35.82	8
	275	14. Barberena	44,047	224.602	196.11	8

Fuente: Instituto Nacional de Estadística –INE- IV Censo Nacional Agropecuario 2003.

#### 4.1.9. **Repetidora 9 Las Escobas de la red SFN**

La repetidora número 9 ubicada en las montañas del Mico se utiliza para darle cobertura un buen número de municipios del departamento de Izabal, no so su totalidad debido a la extensión de departamento que con el incremento de la cobertura se podría afectar con la interferencia co-canal de otras repetidoras, puesto que el límite máximo de una Celda Grande es de 50 kilómetros.

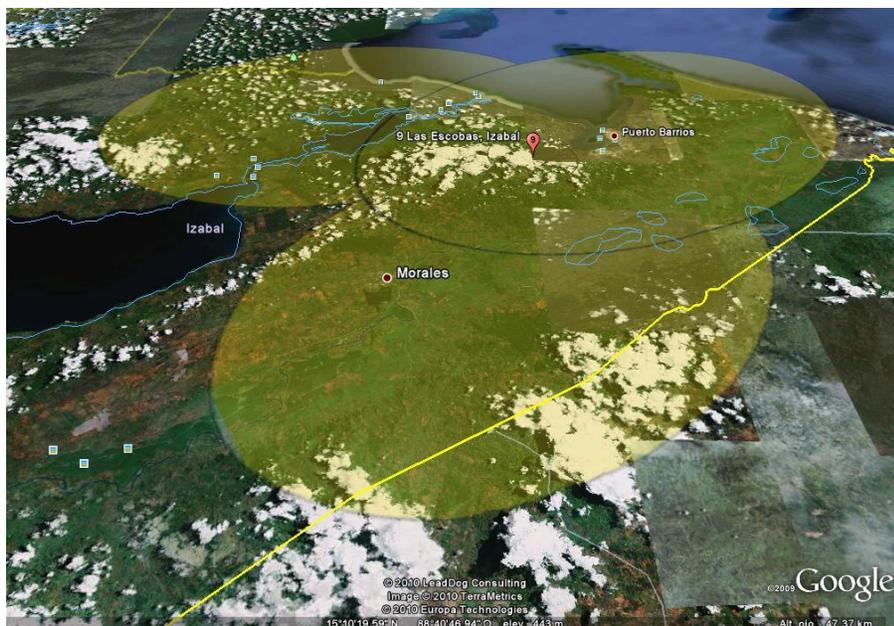
En la tabla XXVIII, se muestran los parámetros de diseño de esta repetidora para lo cual se necesita 45 kilómetros de cobertura con los tres lóbulos que generan del arreglo de antenas en la repetidora de Las Escobas.

Tabla XXVIII. **Parámetros de diseño de la repetidora de TDT número 9, Las Escobas, Izabal**

No.	Sitio	Elevación de torre (m)	Altura de Torre (m)	Velocidad de Viento de Diseño (Km s/h)	Potencia (kWatts)	Ganancia de Antena (unidades)	Patrón de Radiación	Intensidad de Campo (dBu)	ASTP (Altura Sobre la Tierra Promedio) (m)	PER (Potencia Efectiva Radiada) (kW)	Distancia de Contorno (km)
9	Cerro Las Escobas	907	39	160	0.050	5.65	tres lóbulos	52.880	681	0.283	45

Fuente: elaboración propia.

Figura 50. **Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 9 en las Escobas, Izabal.**



Fuente: elaboración propia, con programas Photoshop y Google Earth.

**Tabla XXIX. Municipios y poblaciones que cubre la Repetidora de TDT de Las Escobas, Izabal**

	No.	Municipio	Población [habitantes]	Extensión [km <sup>2</sup> ]	Densidad [habitantes/km <sup>2</sup> ]	No. Repetidora de TDT
Izabal	155	1. Puerto Barrios	100,370	1,202.501	83.47	9
	157	3. Livingston	61,580	2,361.176	26.08	9
	159	5. Morales	109,847	1,330.451	82.56	9

Fuente: Instituto Nacional de Estadística –INE- IV Censo Nacional Agropecuario 2003.

**4.1.10. Repetidora 10 Quetzaltepeque de la red SFN**

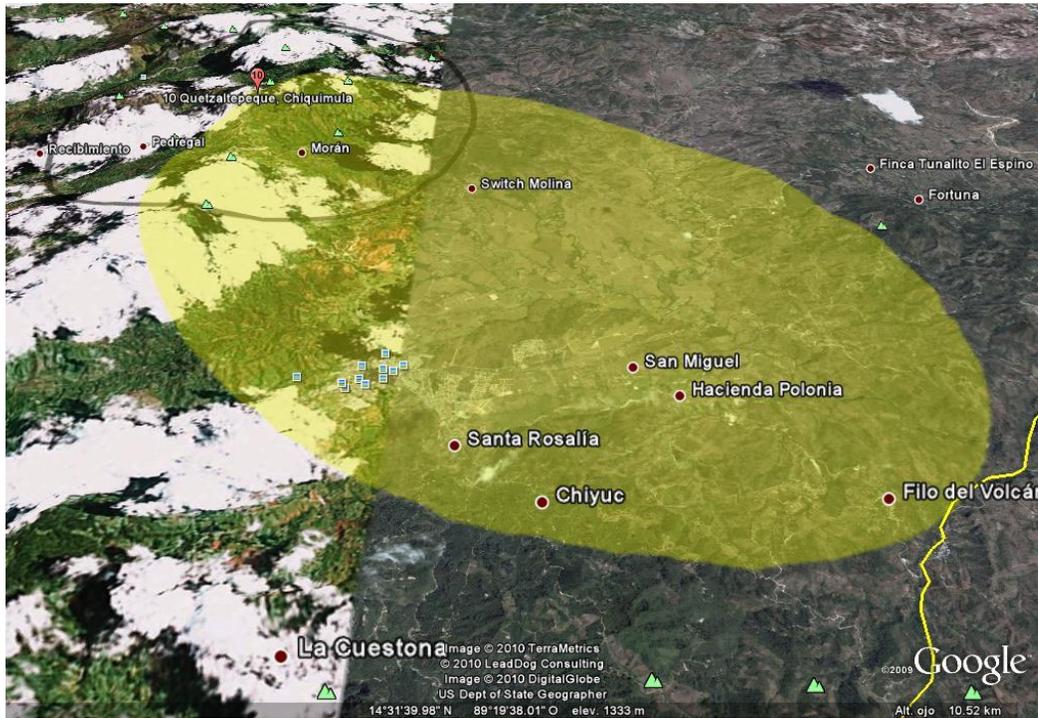
Lo que no se puede cubrir en Chiquimula con la repetidora El Ingeniero se debe lograr con una repetidora dedicada para Esquipulas, que aunque no cumple con el requisitos de tener una población mayor a los 100 mil habitantes, las movilizaciones que se generan por el Cristo Negro y el movimiento económico justifican la implementación de una repetidora en el área de la Sierra del Espíritu Santo.

**Tabla XXX. Parámetros de diseño de la repetidora de TDT número 10, Quetzaltepeque, Chiquimula**

No.	Sitio	Elevación de torre (m)	Altura de Torre (m)	Velocidad de Viento de Diseño (Kms/h)	Potencia (kWatts)	Ganancia de Antena (unidades)	Patrón de Radiación	Intensidad de Campo (dBu)	ASTP (Altura Sobre la Tierra Promedio) (m)	PER (Potencia Efectiva Radiada) (kW)	Distancia de Contorno (km)
10	Quetzaltepeque	1823	30	160	0.010	12.00	Unilóbulo	69.385	786	0.120	16

Fuente: elaboración propia.

Figura 51. **Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 10 en Quetzaltepeque, Chiquimula**



Fuente: elaboración propia, con programas Photoshop y Google Earth.

Tabla XXXI. **Municipios y poblaciones que cubre la repetidora de TDT de Quetzaltepeque, Chiquimula.**

No.	Municipio	Población [habitantes]	Extensión [km <sup>2</sup> ]	Densidad [habitantes/km <sup>2</sup> ]	No. Repetidora de TDT
44	4. Esquipulas	53,201	502.492	105.87	10

Fuente: Instituto Nacional de Estadística –INE- IV Censo Nacional Agropecuario 2003.

#### 4.1.11. Repetidora 11 Siete Orejas de la red SFN

Después del transmisor del Cerro Alux ésta repetidora viene a ser una de las más importantes por su ubicación tan estratégica que puede cubrir la cabecera de tres departamentos por medio de un arreglo que genera tres lóbulos en forma triangular.

Tabla XXXII. **Parámetros de diseño de la repetidora de TDT número 11, Siete Orejas, Quetzaltenango**

No.	Sitio	Elevación de torre (m)	Altura de Torre (m)	Velocidad de Viento de Diseño (Km s/h)	Potencia (kWatts)	Ganancia de Antena (unidades)	Patrón de Radiación	Intensidad de Campo (dBu)	ASTP (Altura Sobre la Tierra Promedio) (m)	PER (Potencia Efectiva Radiada) (kW)	Distancia de Contorno (km)
11	Siete Orejas	3161	39	160	0.100	5.65	tres lóbulos	52.839	971	0.565	50

Fuente: elaboración propia.

La tabla XXXII, muestra los parámetros de diseño necesarios para la repetidora de Siete Orejas ubicada en el área del occidente y que requiere el contorno máximo de una celda Grande de 50 kilómetros.

En la figura 52, se puede observar el lóbulo que cubre Quetzaltenango y los municipios que se encuentran en la cercanía a esa cabecera departamental y que está muy cerca de otros municipios de Totonicapán, pero que lamentablemente las montañas hacen sombra comparado con lo que sucede en la costa del otro lado.

Figura 52. **Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 11 en Siete Orejas, Quetzaltenango hacia Quetzaltenango**



Fuente: elaboración propia, con programas Photoshop y Google Earth.

El área de cobertura de esta hacia el nor-este es impresionante y según la teoría podrían cubrirse partes de más de 20 poblaciones, claro que en el altiplano que es muy distinto a las áreas costeras habrán bastantes sombras que debiliten la señal en esas áreas de cobertura predichas, sin embargo con la utilización de antenas aéreas en los hogares se podrá lograr una buena ganancia para. Para la costa sur se espera una señal más continua y de mayor ganancia debido a que la planicie del terreno predomina en mayor proporción.

Figura 53. **Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 11 en Siete Orejas, Quetzaltenango hacia Retalhuleu**

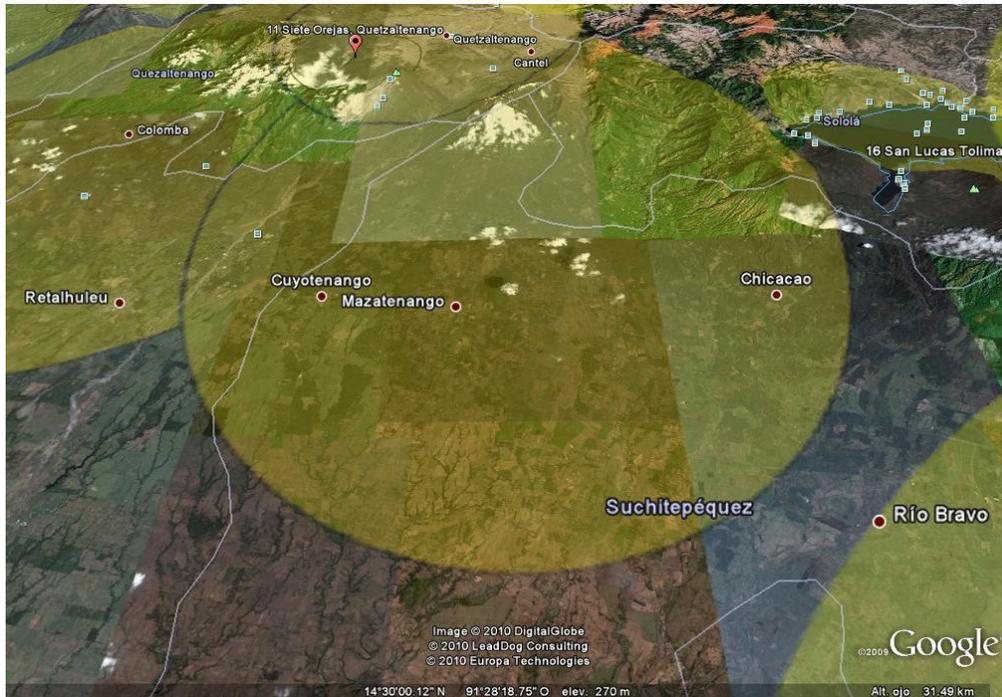


Fuente: elaboración propia, con programas Photoshop y Google Earth.

En la figura 53, se puede observar que el lóbulo dirigido para Retalhuleu se aprovecha para los municipios de Quetzaltenango que se encuentran del otro lado de la repetidora así como para los municipios cercanos a la cabecera departamental de Retalhuleu. En la figura 54, se puede observar el patrón marcado sobre el área del departamento de Suchitepéquez y los municipios que alcanza a cubrir. En el caso de Suchitepéquez se complementa con la repetidora de Yepocapa que se verá más adelante.

Analizando la altura que sobresale del sitio en Siete orejas con respecto a la altura promedio de la periferia podemos decir que los casi 1000 metros de altura son un factor considerablemente favorable, sin embargo para poder garantizar las intensidades en las periferias deben incrementarse el numero de antenas lo más posible para incrementar la ganancia.

Figura 54. **Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 11 en Siete Orejas, Quetzaltenango hacia Mazatenango**



Fuente: elaboración propia, con programas Photoshop y Google Earth.

A continuación en la tabla XXXIII, se muestran en la lista los municipios de los tres departamentos que cubre la repetidora de Siente Orejas. Es oportuno recordar los comentarios del ingeniero Sandoval con respecto a que existe potencia perdida por los largos trayectos que se hacen desde este punto para llegar a algunas poblaciones, pero la cobertura que se logra es muy importante y de cualquier manera la celda no se sale de los límites de una celdas grandes y con ello evitar la interferencia co-canal generada a 150 kilómetros de Siete Orejas.

Tabla XXXIII. **Municipios y poblaciones que cubre la Repetidora de TDT de Siete Orejas, Quetzaltenango**

	No.	Municipio	Población [habitantes]	Extensión [km2]	Densidad [habitantes/km2]	No. Repetidora de TDT
Quetzaltenango	184	1. Quetzaltenango	147,968	126.900	1166.02	11
	187	4. Cajolá	10,114	20.558	491.97	11
	189	6. Coatepeque	124,373	418.763	297.00	11
	190	7. Colomba	40,254	205.842	195.56	11
	191	8. Concepción Chiquirichapa	17,774	21.914	811.08	11
	192	9. El Palmar	27,756	175.963	157.74	11
	193	10. Flores Costa Cuca	26,078	72.474	359.83	11
	194	11. Génova	38,867	168.335	230.89	11
	196	13. La Esperanza	24,512	12.253	2000.49	11
	197	14. Olinstepeque	31,591	32.188	981.45	11
	198	15. San Juan Ostuncalco	50,393	109.068	462.03	11
	199	16. Palestina de Los Altos	12,721	36.030	353.07	11
	200	17. Salcajá	17,883	16.884	1059.17	11
	202	19. San Francisco La Unión	7,596	16.901	449.44	11
	Retalhuleu	203	20. San Martín Sacatepéquez	25,213	143.914	175.19
204		21. San Mateo	9,145	10.832	844.26	11
205		22. San Miguel Sigüilá	9,143	17.132	533.68	11
206		23. Sibilia	7,986	41.088	194.36	11
208		1. Retalhuleu	83,452	808.383	103.23	11
210		3. El Asintal	37,751	93.678	402.99	11
211		4. Nuevo San Carlos	31,006	86.591	358.07	11
212		5. San Andrés Villa Seca	37,466	192.022	195.11	11
Retalhuleu	213	6. San Martín Zapotitlán	10,839	9.394	1153.82	11
	214	7. San Felipe	23,609	36.637	644.40	11
	215	8. San Sebastián	27,139	17.716	1531.89	11
	216	9. Santa Cruz Muluá	12,731	128.197	99.31	11
	238	6. El Quetzal	22,627	87.503	258.59	11
	243	11. La Reforma	15,314	74.135	206.57	11

Fuente: Instituto Nacional de Estadística –INE- IV Censo Nacional Agropecuario 2003.

Continuación de la Tabla XXXIII.

Suchitepéquez	295	1. Mazatenango	88,333	65.252	1353.72	11
	296	2. Chicacao	49,961	211.202	236.56	11
	297	3. Cuyotenango	50,853	481.103	105.70	11
	299	5. Pueblo Nuevo	10,750	18.543	579.73	11
	301	7. Samayac	20,908	25.839	809.16	11
	302	8. San Antonio Suchitepéquez	47,846	75.050	637.52	11
	303	9. San Bernardino	17,238	14.314	1204.28	11
	304	10. San José El Ídolo	8,966	137.731	65.10	11
	305	11. San Francisco Zapotitlán	18,814	48.923	384.56	11
	306	12. San Gabriel	5,539	6.609	838.10	11
	308	14. San Lorenzo	11,869	283.845	41.82	11
	309	15. San Miguel Panán	8,244	28.809	286.16	11
	310	16. San Pablo Jocopilas	19,275	26.115	738.08	11
	312	18. Santo Domingo Suchitepequez	35,303	236.142	149.50	11
	313	19. Santo Tomas La Unión	11,668	12.485	934.56	11
	314	20. Zunilito	7,223	13.101	551.33	11

Fuente: Instituto Nacional de Estadística –INE- IV Censo Nacional Agropecuario 2003.

#### 4.1.12. Repetidora 12 Totonicapán de la red SFN

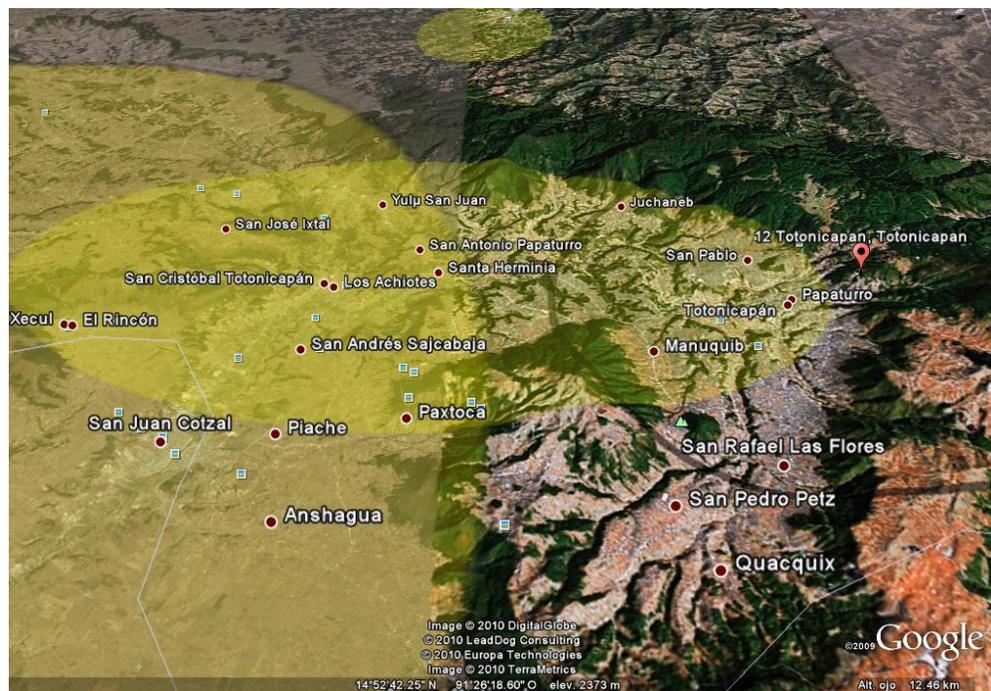
Para el valle de la Cabecera Departamental de Totonicapán y algunos municipios más se utiliza la repetidora número 12 que se encuentra muy cerca del poblado y que debido a las montañas no se puede obtener cobertura con Siete Orejas. Como en casi la totalidad de los casos los cerros y las montañas imposibilitan el poder lograr buenas coberturas en lugares cercanos que permiten una buena cobertura, los transmisores *fillers* son una buena solución factible en estos tiempos para rellenar agujeros que quedan en las poblaciones, probablemente la densidad poblacional no justifique esas inversiones y tendrán que evaluarse cuidadosamente puesto que para ciudades grandes si es importante la aplicación.

Tabla XXXIV. **Parámetros de Diseño de la Repetidora de TDT número 12, Totonicapán, Totonicapán**

No.	Sitio	Elevación de torre (m)	Altura de Torre (m)	Velocidad de Viento de Diseño (Km s/h)	Potencia (kWatts)	Ganancia de Antena (unidades)	Patrón de Radiación	Intensidad de Campo (dBu)	ASTP (Altura Sobre la Tierra Promedio) (m)	PER (Potencia Efectiva Radiada) (kW)	Distancia de Contorno (km)
12	Totonicapán	2646	30	160	0.020	12.00	1 lóbulo	50.470	59	0.240	17

Fuente: elaboración propia.

Figura 55. **Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 12 en Totonicapán, Totonicapán**



Fuente: elaboración propia, con programas Photoshop y Google Earth.

Tabla XXXV. **Municipios y poblaciones que cubre la repetidora de TDT de Totonicapán, Totonicapán.**

	No.	Municipio	Población [habitantes]	Extensión [km <sup>2</sup> ]	Densidad [habitantes/km <sup>2</sup> ]	No. Repetidora de TDT
Totonicapán	315	1. Totonicapán	127,190	244.740	519.69	12
	317	3. San Andrés Xecú	32,663	16.491	1980.66	12
	319	5. San Cristóbal Totonicapán	36,675	44.274	828.36	12
	320	6. San Francisco El Alto	61,656	72.678	848.34	12

Fuente: Instituto Nacional de Estadística –INE- IV Censo Nacional Agropecuario 2003.

#### 4.1.13. **Repetidora 13 Patiobolas de la red SFN**

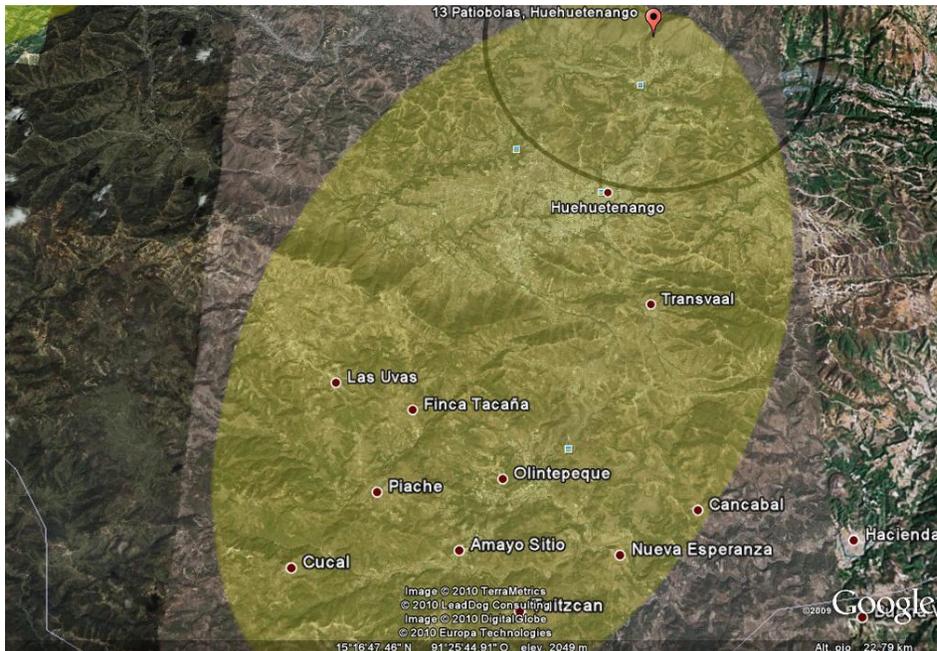
Huehuetenango es uno de los departamentos más grandes de la República Guatemalteca, pero debido a que se encuentra en el corazón de la tierra Los Cuchumatanes es muy complicado el pensar en mayor cobertura, sin embargo debe de ser mayor a la cobertura que brinda la repetidora Patiobolas en NTSC, puesto que existen puntos estratégicos en donde se puede lograr un mercado de más de 100 mil habitantes.

Tabla XXXVI. **Parámetros de diseño de la repetidora de TDT número 13, Patiobolas, Huehuetenango**

No.	Sitio	Ele_vación de torre (m)	Altura de Torre (m)	Velocidad de Viento de Diseño (Kms/h)	Potencia (kWatts)	Ganancia de Antena (unidades)	Patrón de Radiación	Intensidad de Campo (dBu)	ASTP (Altura Sobre la Tierra Promedio (m)	PER (Potencia Efectiva Radiada) (kW)	Distancia de Contorno (km)
13	Patiobolas	2283	30	160	0.010	12.00	1 lóbulo	55.320	226	0.120	21

Fuente: elaboración propia.

Figura 56. Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 13 en Patiobolas, Huehuetenango



Fuente: elaboración propia, con programas Photoshop y Google Earth.

Tabla XXXVII. Municipios y poblaciones que cubre la repetidora de TDT de Patiobolas, Huehuetenango

No.	Municipio	Población [habitantes]	Extensión [km <sup>2</sup> ]	Densidad [habitantes/km <sup>2</sup> ]	No. Repetidora de TDT
124	2. Chiantla <sup>[2]</sup>	104,850	544.774	192.47	13
128	6. Huehuetenango	105,849	190.006	557.08	13

Fuente: Instituto Nacional de Estadística –INE- IV Censo Nacional Agropecuario 2003.

#### 4.1.14. Repetidora 14 Santa Cruz de la red SFN

El departamento de El Quiché está en condiciones muy similares a la de Huehuetenango con respecto a las complicaciones que genera la Sierra de Los

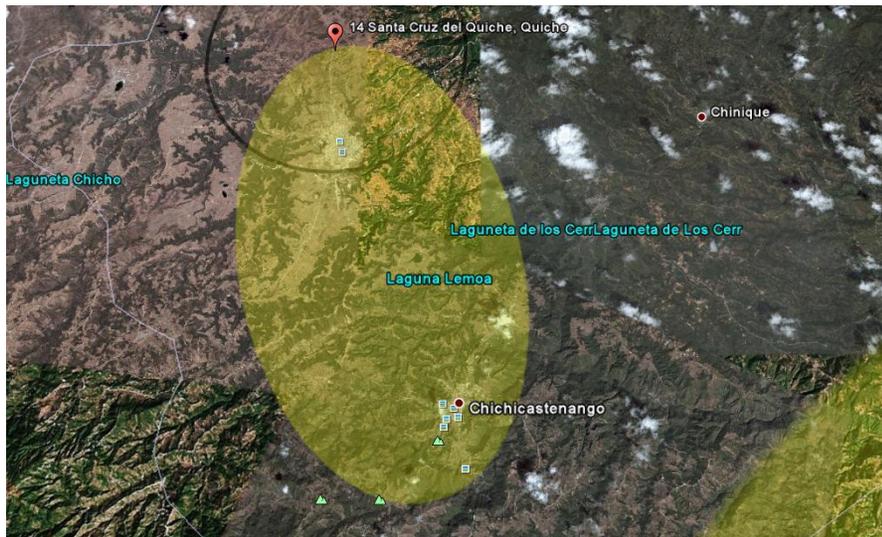
Cuchumatanes. El territorio de Ixcán es uno de los serios candidatos para que se le instale una repetidora puesto que andan muy cerca de los 100 habitantes, sin embargo no sobrepasaron esa cantidad y por lo cual no se platea como obligatoria.

Tabla XXXVIII. **Parámetros de diseño de la repetidora de TDT número 14, Santa Cruz, Quiché**

No.	Sitio	Elevación de torre (m)	Altura de Torre (m)	Velocidad de Viento de Diseño (Kms/h)	Potencia (kWatts)	Ganancia de Antena (unidades)	Patrón de Radiación	Intensidad de Campo (dBu)	ASTP (Altura Sobre la Tierra Promedio) (m)	PER (Potencia Efectiva Radiada) (kW)	Distancia de Contorno (km)
14	Santa Cruz del Quiche	2067	30	160	0.010	12.00	1 Lóbulo	50.264	85	0.120	17

Fuente: elaboración propia.

Figura 57. **Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 14 en Santa Cruz, Quiché**



Fuente: elaboración propia, con programas Photoshop y Google Earth.

Tabla XXXIX. **Municipios y poblaciones que cubre la repetidora de TDT de Santa Cruz, Quiché**

	No.	Municipio	Población [habitantes]	Extensión [km <sup>2</sup> ]	Densidad [habitantes/km <sup>2</sup> ]	No. Repetidora de TDT
Quiché	2	Santa Cruz del Quiché	94,702	112.271	843.51	14
	7	Chichicastenango	141,113	245.864	573.95	14

Fuente: Instituto Nacional de Estadística –INE- IV Censo Nacional Agropecuario 2003.

#### 4.1.15. **Repetidora 15 Yupiltepeque de la red SFN**

Para el área de Jutiapa se instala el equipo de la repetidora NTSC existente en el sitio denominado Yupiltepeque, para lograr la cobertura de los municipios indicada en la Tabla LXI. De igual manera los parámetros de diseño se muestran en la tabla LX. El patrón de radiación está conformado por un par de lóbulos adyacentes, que hacia el Nor-Occidente está limitado por el volcán Jumaytepeque y las montañas que se desprenden del mismo, dejando aislado el departamento de Jalapa de Jutiapa que es donde está instalada la Repetidora Yupiltepeque.

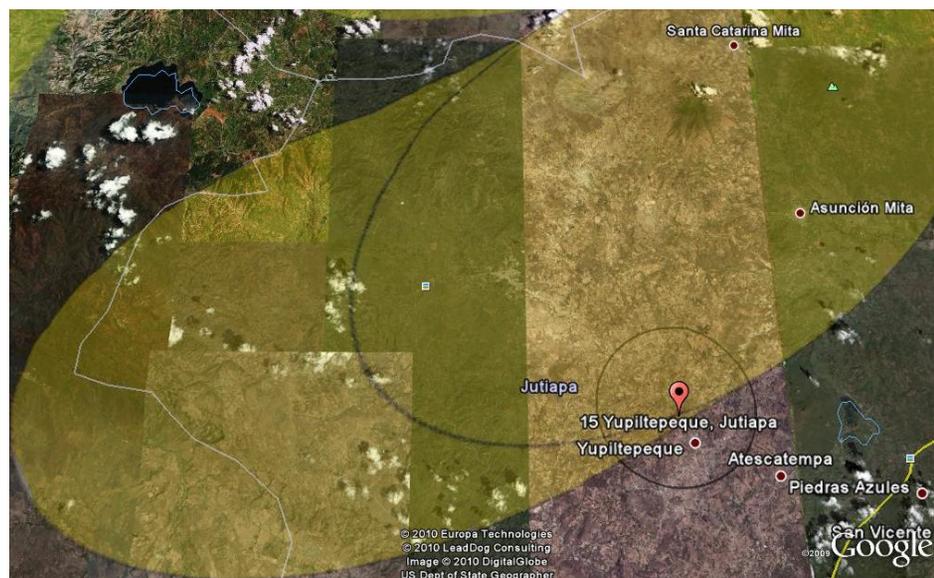
Considerando que es una repetidora de televisión digital que considera la cobertura de 16 poblaciones es una repetidora importante para Jutiapa y sus alrededores, aunque claro está que las poblaciones gruesas se encuentran en Jutiapa y Asunción Mita, por otro lado el patrón de radiación es muy complicado debido a que cardiode dispersa mucho de la intensidad hacia el frente y los costados se debilitan, pero vale la pena considerar la oportunidad para esos 40 mil habitantes de Mita.

Tabla XL. **Municipios y poblaciones que cubre la repetidora de TDT de Yupiltepeque, Jutiapa**

	No.	Municipio	Población [habitantes]	Extensión [km <sup>2</sup> ]	Densidad [habitantes/km <sup>2</sup> ]	No. Repetidora de TDT
Jutiapa	167	1. Jutiapa	131,314	625.809	209.83	15
	169	3. Asunción Mita	40,702	503.979	80.76	15
	171	5. Comapa	26,530	174.137	152.35	15
	173	7. El Adelanto	5,475	29.812	183.65	15
	174	8. El Progreso	18,453	99.656	185.17	15
	179	13. Quesada	19,811	140.033	141.47	15
	180	14. San José Acatempa	13,024	112.618	115.65	15
	181	15. Santa Catarina Mita	23,892	202.616	117.92	15
	182	16. Yupiltepeque	14,933	55.682	268.18	15

Instituto Nacional de Estadística –INE- IV Censo Nacional Agropecuario 2003.

Figura 58. **Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 15 en Yupiltepeque, Jutiapa**



Fuente: elaboración propia, con programas Photoshop y Google Earth.

Tabla XLI. **Parámetros de diseño de la repetidora de TDT número 15, Yupiltepeque, Jutiapa**

No.	Sitio	Elevación de torre (m)	Altura de Torre (m)	Velocidad de Viento de Diseño (Km s/h)	Potencia (kWatts)	Ganancia de Antena (unidades)	Patrón de Radiación	Intensidad de Campo (dBu)	ASTP (Altura Sobre la Tierra Promedio) (m)	PER (Potencia Efectiva Radiada) (kW)	Distancia de Contorno (km)
15	Yupiltepeque	1419	30	160	0.050	8.50	2 lóbulos	54.336	587	0.425	40

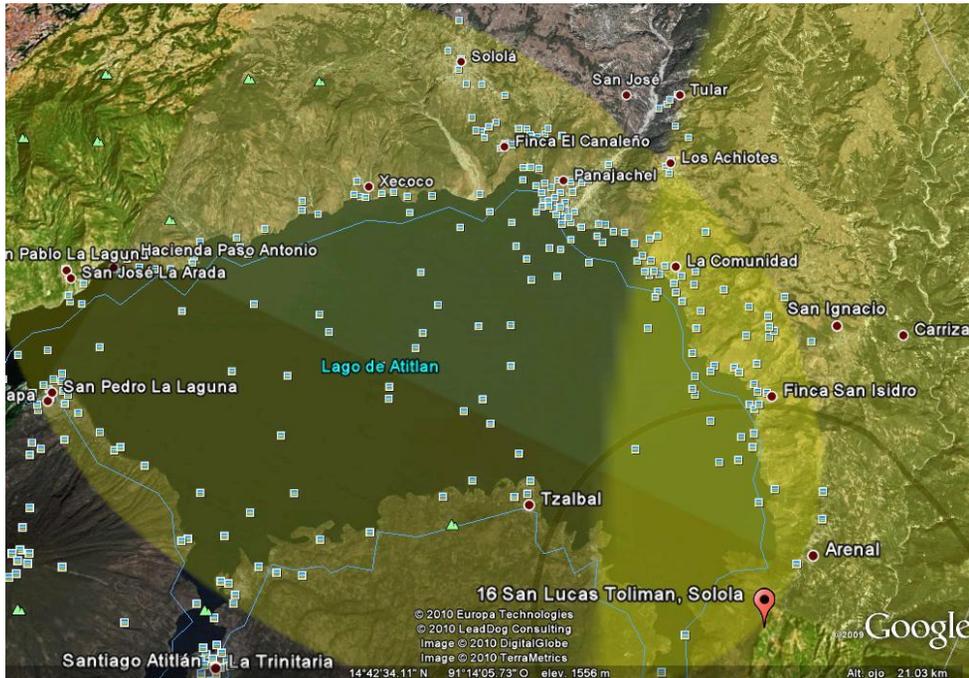
Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.16. **Repetidora 16 San Lucas Tolimán de la red SFN**

El lago de Atitlán reúne a la mayor cantidad de municipios del departamento de Sololá y no interpone ningún cuerpo entre la Repetidora de San Lucas Tolimán, y los poblados a los que se pretende llegar, únicamente al Occidente existen limitaciones que provoca el Tolimán, pero se cumple el objetivo con la mayoría de los municipios.

Sin embargo no debe de considerarse el factor de atenuación de la señal debido a la absorción que sufre la propagación al pasar por esta cantidad de líquido que contiene el lago de Atitlán, por otro lado la forma que tiene oculta algunos poblados que muy difícilmente podrán recibir la señal desde este sitio, sin embargo a la mayoría de las poblaciones la radiación les dará de frente.

Figura 59. **Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 16 en San Lucas Tolimán, Sololá**



Fuente: elaboración propia, con programas Photoshop y Google Earth.

Tabla XLII. **Parámetros de diseño de la repetidora de TDT número 16, San Lucas Tolimán, Sololá**

No.	Sitio	Elevación de torre (m)	Altura de Torre (m)	Velocidad de Viento de Diseño (Km s/h)	Potencia (kWatts)	Ganancia de Antena (unidades)	Patrón de Radiación	Intensidad de Campo (dBu)	ASTP (Altura Sobre la Tierra Promedio) (m)	PER (Potencia Efectiva Radiada) (kW)	Distancia de Contorno (km)
16	San Lucas Tolimán	2054	30	160	0.010	8.50	Dos lóbulos	53.526	265	0.085	23

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIII. **Municipios y poblaciones que cubre la repetidora de TDT de San Lucas Tolimán, Sololá**

	No.	Municipio	Población [habitantes]	Extensión [km <sup>2</sup> ]	Densidad [habitantes/km <sup>2</sup> ]	No. Repetidora de TDT
Sololá	276	1. Sololá	107,646	151.688	709.65	16
	277	2. Concepción	6,244	15.012	415.93	16
	279	4. Panajachel	16,206	7.734	2095.42	16
	280	5. San Andrés Semetabaj	12,443	53.079	234.42	16
	281	6. San Antonio Palopó	12,830	26.170	490.26	16
	282	7. San José Chachay	4,172	15.813	263.83	16
	284	9. San Lucas Tolimán	28,662	73.931	387.69	16
	285	10. San Marcos La Laguna	3,891	9.198	423.03	16
	286	11. San Pablo La Laguna	7,165	6.150	1165.04	16
	289	14. Santa Catarina Palopó	5,091	4.744	1073.15	16
	291	16. Santa Cruz La Laguna	6,713	11.282	595.02	16

Fuente: Instituto Nacional de Estadística –INE- IV Censo Nacional Agropecuario 2003.

#### 4.1.17. **Repetidora 17 San Andrés de la red SFN.**

San Andrés se encuentra de igual manera cerca de varios municipios de Petén con un entorno muy especial para el turismo y que alrededor del lago de Petén Itzá convergen estos poblados que son cubiertos con una Repetidora de TDT la cabecera Departamental de Petén. La gran limitante en este departamento frente a su gran extensión territorial es la altura que se pueda ganar en el terreno puesto que no se sobrepasan los 900 metros sobre el nivel del mar.

Figura 60. **Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 17 en San Andrés, Petén**



Fuente: elaboración propia, con programas Photoshop y Google Earth.

Tabla XLIV. **Parámetros de diseño de la repetidora de TDT número 17, San Andrés, Petén**

No.	Sitio	Elevación de torre (m)	Altura de Torre (m)	Velocidad de Viento de Diseño (Kms/h)	Potencia (kWatts)	Ganancia de Antena (unidades)	Patrón de Radiación	Intensidad de Campo (dBu)	ASTP (Altura Sobre la Tierra Promedio) (m)	PER (Potencia Efectiva Radiada) (kW)	Distancia de Contorno (km)
17	San Andrés	229	30	160	0.010	12.00	Un lóbulo	54.289	78	0.120	13

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLV. **Municipios y poblaciones que cubre la repetidora de TDT de San Andrés, Petén**

No.	Municipio	Población [habitantes]	Extensión [km <sup>2</sup> ]	Densidad [habitantes/km <sup>2</sup> ]	No. Repetidora de TDT
54	3. Flores	53,867	3,873.072	13.91	17
58	7. San Benito	54,431	545.821	99.72	17
62	11. Santa Ana	29.264	1.543,47	18,96	17
60	9. San José	5.250	2.089,380	2,51	17

Fuente: Instituto Nacional de Estadística –INE- IV Censo Nacional Agropecuario 2003.

#### 4.1.18. **Repetidora 18 Canchacan de la red SFN**

La segunda repetidora en el territorio de Petén que se convierte en muestra de la poca altura promedios sobre el nivel del mar, únicamente 158 metros se logran pero que son suficientes con un transmisor de alrededor de 5 watts para logra la cobertura deseada.

Figura 61. **Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 18 Canchacan, Poptún, Petén**



Fuente: elaboración propia, con programas Photoshop y Google Earth.

Tabla XLVI. **Parámetros de diseño de la repetidora de TDT número 18, Canchacan, Poptún, Petén**

No.	Sitio	Elevación de torre (m)	Altura de Torre (m)	Velocidad de Viento de Diseño (Kms/h)	Potencia (kWatts)	Ganancia de Antena (unidades)	Patrón de Radiación	Intensidad de Campo (dBu)	ASTP (Altura Sobre la Tierra Promedio) (m)	PER (Potencia Efectiva Radiada) (kW)	Distancia de Contorno (km)
18	Canchacan	586	49	160	0.005	8.50	dos lóbulos	54.780	158	0.043	14

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVII. **Municipios y poblaciones que cubre la repetidora de TDT de Canchacan, Poptún, Petén**

No.	Municipio	Población [habitantes]	Extensión [km <sup>2</sup> ]	Densidad [habitantes/km <sup>2</sup> ]	No. Repetidora de TDT
56	5. Poptún	60,142	1,093.579	55.00	18
61	10. San Luis	72,792	3,094.061	23.53	18

Fuente: Instituto Nacional de Estadística –INE- IV Censo Nacional Agropecuario 2003.

#### 4.1.19. **Repetidora 19 Momostenango de la red SFN**

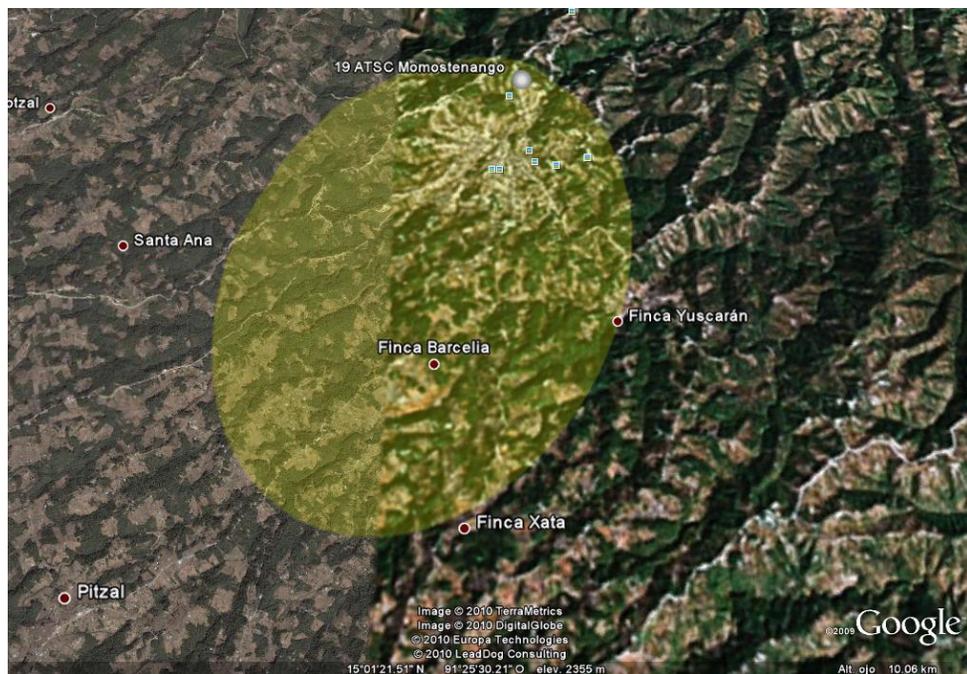
La repetidora de Totonicapán no logra cubrir el municipio de Momostenango que según del INE tiene una población de alrededor de 120 mil habitantes sobre los riscos que andan por encima de 2000 metros sobre el nivel del mar, por lo que se hace necesaria la instalación de una nueva repetidora en dicho lugar, los requerimientos mínimos se muestran en la tabla XLVIII.

Tabla XLVIII. **Parámetros de diseño de la repetidora de TDT número 19, Momostenango, Totonicapán**

No.	Sitio	Elevación de torre (m)	Altura de Torre (m)	Velocidad de Viento de Diseño (Km s/h)	Potencia (kWatts)	Ganancia de Antena (unidades)	Patrón de Radiación	Intensidad de Campo (dBu)	ASTP (Altura Sobre la Tierra Promedio) (m)	PER (Potencia Efectiva Radiada) (kW)	Distancia de Contorno (km)
19	Momostenango	2280	30	160	0.005	12.00	Un lóbulo	65.334	80	0.060	6

Fuente: elaboración propia.

Figura 62. **Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 19 Momostenango, Totonicapán**



Fuente: elaboración propia, con programas Photoshop y Google Earth.

Tabla XLIX. **Municipios y poblaciones que cubre la repetidora de TDT de Momostenango, Totonicapán**

No.	Municipio	Población [habitantes]	Extensión [km2]	Densidad [habitantes/km2]	No. Repetidora de TDT
316	2. Momostenango	120,742	359.384	335.97	19

Fuente: Instituto Nacional de Estadística –INE- IV Censo Nacional Agropecuario 2003.

#### 4.1.20. **Repetidora 20 Cerro Chino de la red SFN**

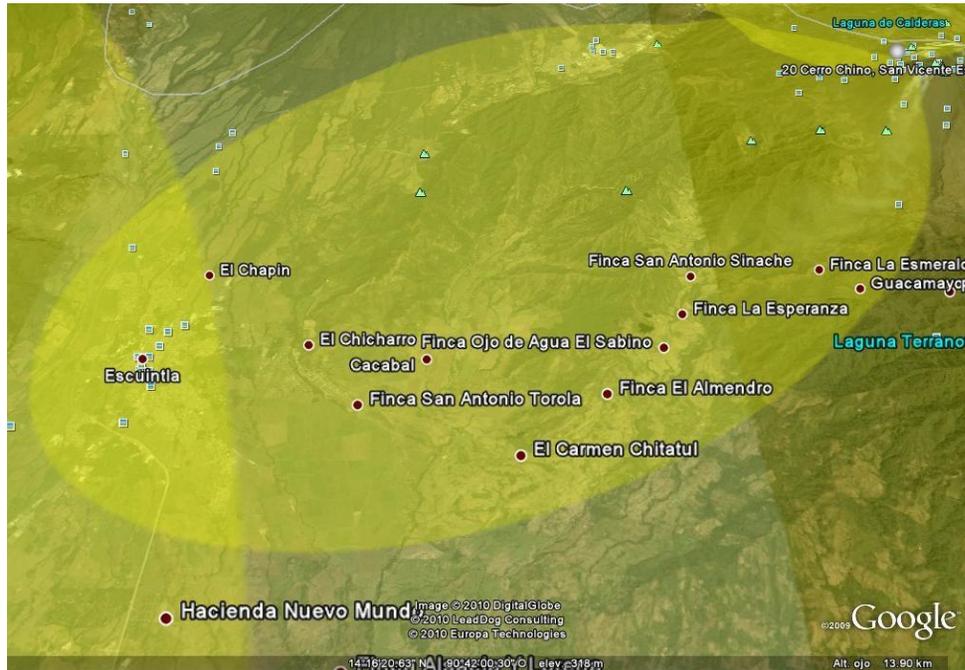
Es otra repetidora que se instalará en un sitio ya funcional y que a pesar de los riesgos que la repetidora corre con el volcán Pacaya, específicamente por la lava y el arena que expulsó en el 2010, sigue siendo un lugar muy ventajoso para brindar cobertura de la señal a la sombra que producen el volcán de agua y montañas o desniveles en Amatitlán y cabecera departamental de Escuintla.

Figura 63. **Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 20 Cerro Chino, Escuintla hacia Amatitlán**



Fuente: elaboración propia, con programas Photoshop y Google Earth.

Figura 64. Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 20 Cerro Chino, Escuintla hacia Escuintla



Fuente: elaboración propia, con programas Photoshop y Google Earth.

Tabla L. Parámetros de diseño de la repetidora de TDT número 20, Cerro Chino, Escuintla

No.	Sitio	Elevación de torre (m)	Altura de Torre (m)	Velocidad de Viento de Diseño (Km s/h)	Potencia (kWatts)	Ganancia de Antena (unidades)	Patrón de Radiación	Intensidad de Campo (dBu)	ASTP (Altura Sobre la Tierra Promedio) (m)	PER (Potencia Efectiva Radiada) (kW)	Distancia de Contorno (km)
20	Cerro Chino	2090	30	160	0.005	8.50	Dos lóbulos	57.915	819	0.043	25

Fuente: elaboración propia.

Tabla LI. **Municipios y poblaciones que cubre la repetidora de TDT de Cerro Chino, Escuintla**

	No.	Municipio	Población [habitantes]	Extensión [km <sup>2</sup> ]	Densidad [habitantes/km <sup>2</sup> ]	No. Repetidora de TDT
Escuintla	93	1. Escuintla	147,617	546.861	269.94	20
	100	8. Palín	56,519	111.123	508.62	20
	102	10. San Vicente Pacaya	16,314	150.211	108.61	20
	119	14. Amatitlán	105,738	101.021	1046.69	20

Fuente: Instituto Nacional de Estadística –INE- IV Censo Nacional Agropecuario 2003.

#### 4.1.21. **Repetidora 21 Chelac de la red SFN**

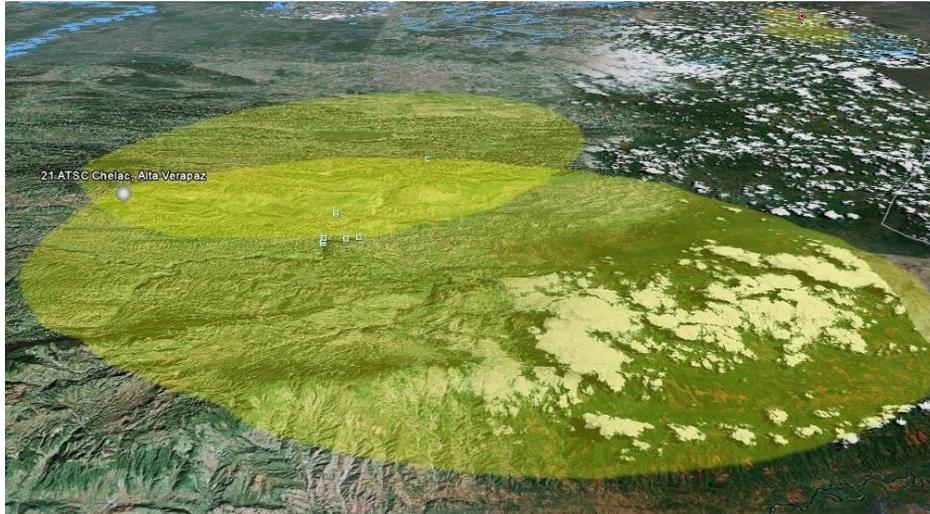
Alta Verapáz es un departamento con una vasta extensión territorial y hasta la fecha existen poblados que han crecido y que ameritan una repetidora de televisión digital, por lo que se seleccionó Chelac por el acceso a las vías de comunicación, la cobertura que se puede lograr con la altura del lugar y el acceso a la energía eléctrica. Para este sitio se plantean dos lóbulos casi laterales para dar cobertura a los municipios mostrados en la tabla LIII.

Figura 65. **Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 21 Chelac, Alta Verapaz hacia Chisec**



Fuente: elaboración propia, con programas Photoshop y Google Earth.

**Figura 66. Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 21 Chelac, Alta Verapaz hacia Cahabón**



Fuente: elaboración propia, con programas Photoshop y Google Earth.

**Tabla LII. Parámetros de Diseño de la Repetidora de TDT número 21, Chelac, San Pedro Carcha, Alta Verapaz**

No.	Sitio	Elevación de torre (m)	Altura de Torre (m)	Velocidad de Viento de Diseño (Km s/h)	Potencia (kWatts)	Ganancia de Antena (unidades)	Patrón de Radiación	Intensidad de Campo (dBu)	ASTP (Altura Sobre la Tierra Promedio) (m)	PER (Potencia Efectiva Radiada) (kW)	Distancia de Contorno (km)
21	Chelac	1569	30	160	0.050	8.50	Dos lóbulos	51.667	476	0.425	41

Fuente: elaboración propia.

Tabla LIII. **Municipios y poblaciones que cubre la repetidora de TDT de Chelac, San Pedro Carcha, Alta Verapaz**

	No.	Municipio	Población [habitantes]	Extensión [km <sup>2</sup> ]	Densidad [habitantes/km <sup>2</sup> ]	No. Repetidora de TDT
Alta Verapaz	8	8. Panzós	58,999	737.614	79.99	21
	9	9. Senahú	55,123	712.178	77.40	21
	10	10. Santa María Cahabón	56,891	769.193	73.96	21
	11	11. Lanquín	23,128	238.515	96.97	21
	13	13. Fray Bartolomé de las Casas	60,777	1,224.941	49.62	21

Fuente: Instituto Nacional de Estadística –INE- IV Censo Nacional Agropecuario 2003.

#### 4.1.22. **Repetidora 22 Jocotán de la red SFN**

Siendo Jocotan y Camotán de los municipios más afectados por la desigualdad social podría reconsiderarse la importancia de que se instale una repetidora en el sector más cuando se aplica el criterio de que poblaciones mayores de 100 mil ameritan una repetidora que si cumple, se plantea los parámetros de diseño de dicho punto de repetición de la señal de canal 19 en ATSC.

Figura 67. **Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 22 Jocotán, Chiquimula**



Fuente: elaboración propia, con programas Photoshop y Google Earth.

Tabla LIV. **Parámetros de diseño de la repetidora de TDT número 22, Jocotán, Chiquimula**

No.	Sitio	Elevación de torre (m)	Altura de Torre (m)	Velocidad de Viento de Diseño (Kms/h)	Potencia (kWatts)	Ganancia de Antena (unidades)	Patrón de Radiación	Intensidad de Campo (dBu)	ASTP (Altura Sobre la Tierra Promedio) (m)	PER (Potencia Efectiva Radiada) (kW)	Distancia de Contorno (km)
22	Jocotán	620	30	160	0.005	12.00	Unilóbulo	54.005	-242	0.060	7

Fuente: elaboración propia.

Tabla LV. **Municipios y poblaciones que cubre la repetidora de TDT de Jocotán, Chiquimula**

	No.	Municipio	Población [habitantes]	Extensión [km2]	Densidad [habitantes/km2]	No. Repetidora de TDT
Chiquimula	42	Camotán	48,440	231.259	209.46	22
	46	Jocotán	53,960	251.765	214.33	22

Fuente: Instituto Nacional de Estadística –INE- IV Censo Nacional Agropecuario 2003.

#### 4.1.23. **Repetidora 23 Sacaal de la red SFN**

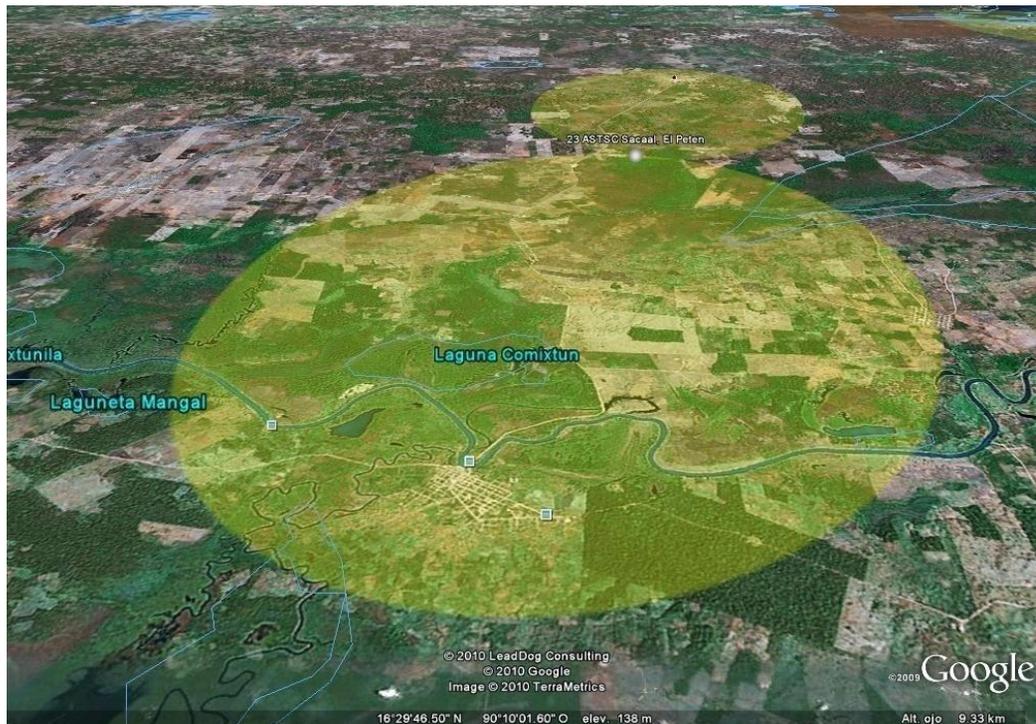
Es otra repetidora nueva para tratar de dar cobertura a alrededor de 200 mil personas en los municipios de Petén, que como se había mencionado tiene un área extensa para pretender cubrir los municipios de La libertad y Sayaxché.

Tabla LVI. **Parámetros de diseño de la repetidora de TDT número 23, Sacaal, Petén**

No.	Sitio	Elevación de torre (m)	Altura de Torre (m)	Velocidad de Viento de Diseño (Kms/h)	Potencia (kWatts)	Ganancia de Antena (unidades)	Patrón de Radiación	Intensidad de Campo (dBu)	ASTP (Altura Sobre la Tierra Promedio) (m)	PER (Potencia Efectiva Radiada) (kW)	Distancia de Contorno (km)
23	Sacaal	154	30	160	0.050	8.50	dos lóbulos	48.958	8	0.425	15

Fuente: elaboración propia.

Figura 68. **Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 23 Sacaal, Petén**



Fuente: elaboración propia, con programas Photoshop y Google Earth.

Tabla LVII. **Municipios y poblaciones que cubre la repetidora de TDT de Sacaal, Petén**

	No.	Municipio	Población [habitantes]	Extensión [km2]	Densidad [habitantes/km2]	No. Repetidora de TDT
Petén	53	2. La Libertad	109,908	6,757.820	16.26	23
	63	12. Sayaxché	104,522	2,406.443	43.43	23

Fuente: Instituto Nacional de Estadística –INE- IV Censo Nacional Agropecuario 2003.

#### 4.1.24. **Repetidora 24 Santa Eulalia de la red SFN**

La Sierra de los Cuchumatanes accidenta considerablemente la geografía del sector y con poblaciones con una baja densidad poblacional complica en pensar celdas pequeñas para varios poblados, pero en Santa Eulalia se logra una altura considerable así como un punto intermedio de varios municipios con lo que se piensa en una repetidora con patrón de radiación omnidireccional.

Figura 69. **Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 24 Santa Eulalia, Huehuetenango**



Fuente: elaboración propia, con programas Photoshop y Google Earth.

Tabla LVIII. **Parámetros de diseño de la repetidora de TDT número 24, Santa Eulalia, Huehuetenango**

No.	Sitio	Elevación de torre (m)	Altura de Torre (m)	Velocidad de Viento de Diseño (Kms/h)	Potencia (kWatts)	Ganancia de Antena (unidades)	Patrón de Radiación	Intensidad de Campo (dBu)	ASTP (Altura Sobre la Tierra Promedio) (m)	PER (Potencia Efectiva Radiada) (kW)	Distancia de Contorno (km)
24	Santa Eulalia	2967	30	160	0.040	4.25	Omni	60.667	530	0.170	25

Fuente: elaboración propia.

Tabla LIX. **Municipios y poblaciones que cubre la repetidora de TDT de Santa Eulalia, Huehuetenango**

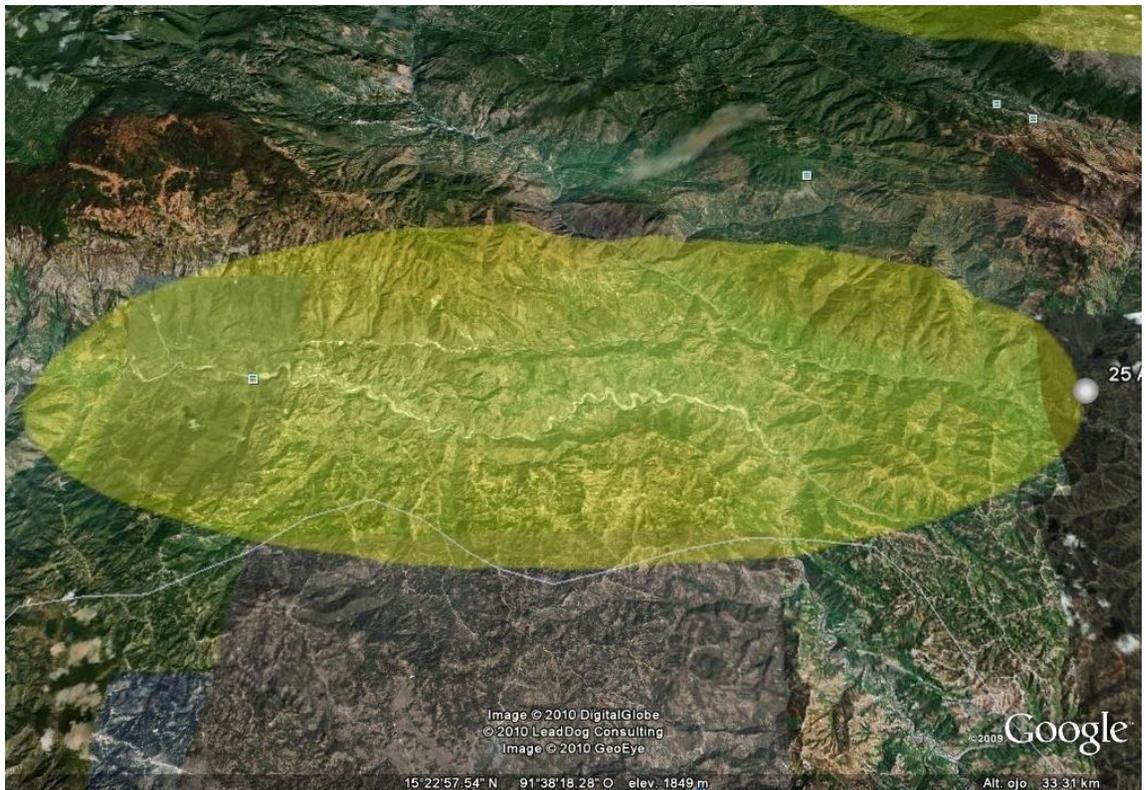
No.	Municipio	Población [habitantes]	Extensión [km <sup>2</sup> ]	Densidad [habitantes/km <sup>2</sup> ]	No. Repetidora de TDT
126	4. Concepción Huista	18,708	116.345	160.80	24
129	7. Jacaltenango	42,853	164.508	260.49	24
138	16. San Juan Ixcoy	25,847	187.482	137.86	24
139	17. San Mateo Ixtatán <sup>[8]</sup>	38,049	554.425	68.63	24
140	18. San Miguel Acatán	24,939	130.092	191.70	24
142	20. San Pedro Soloma <sup>[9]</sup>	47,686	128.473	371.18	24
143	21. San Rafael La Independencia	11,824	51.629	229.02	24
149	27. Santa Cruz Barillas	127,158	896.197	141.89	24
150	28. Santa Eulalia	43,711	363.024	120.41	24

Fuente: Instituto Nacional de Estadística –INE- IV Censo Nacional Agropecuario 2003.

#### 4.1.25. Repetidora 25 San Sebastián de la red SFN

En otro sector de Huehuetenango quedan varios municipios dentro de un cañón que conduce hasta los límites de Guatemala con México y que sumando sus poblaciones se convierten en candidatos para instalar una repetidora con un patrón de radiación direccional como puede observarse en la figura 70.

Figura 70. **Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 25 San Sebastián, Huehuetenango**



Fuente: elaboración propia, con programas Photoshop y Google Earth.

Tabla LX. **Parámetros de diseño de la repetidora de TDT número 25, San Sebastián, Huehuetenango**

No.	Sitio	Elevación de torre (m)	Altura de Torre (m)	Velocidad de Viento de Diseño (Km s/h)	Potencia (kWatts)	Ganancia de Antena (unidades)	Patrón de Radiación	Intensidad de Campo (dBu)	ASTP (Altura Sobre la Tierra Promedio) (m)	PER (Potencia Efectiva Radiada) (kW)	Distancia de Contorno (km)
25	San Sebastián	1945	30	160	0.050	12.00	Un lóbulo	48.000	-312	0.600	40

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXI. **Municipios y poblaciones que cubre la repetidora de TDT de San Sebastián, Huehuetenango**

No.	Municipio	Población [habitantes]	Extensión [km2]	Densidad [habitantes/km2]	No. Repetidora de TDT
125	3. Colotenango <sup>[3]</sup>	25,904	63.799	406.03	25
127	5. Cuilco	57,067	447.015	127.66	25
135	13. San Gaspar Ixchil <sup>[6]</sup>	6,779	27.978	242.30	25
136	14. San Ildefonso Ixtahuacán <sup>[7]</sup>	41,233	241.178	170.97	25
144	22. San Rafael Petzal	8,190	36.522	224.25	25
146	24. San Sebastián Huehuetenango	27,792	128.639	216.05	25

Fuente: Instituto Nacional de Estadística –INE- IV Censo Nacional Agropecuario 2003.

#### 4.1.26. Repetidora 26 El Pacayal de la red SFN

Finalmente una repetidora de Televisión Digital Terrestre para instalarse en el sitio ocupado por una repetidora NTSC para dar cobertura a la mayor parte del departamento de Escuintla, donde se puede logra muy buen alcance debido a que el terreno va inclinado hacia el Océano Pacífico. En las figuras 71 y 72 se muestran los dos lóbulos considerados para esta repetidora que exceden el límite de los 50 km pero que por no importar la interferencia hacia el mar no causa problema el incrementar la potencia y lograr los 66 km requeridos para cubrir el Puerto de San José.

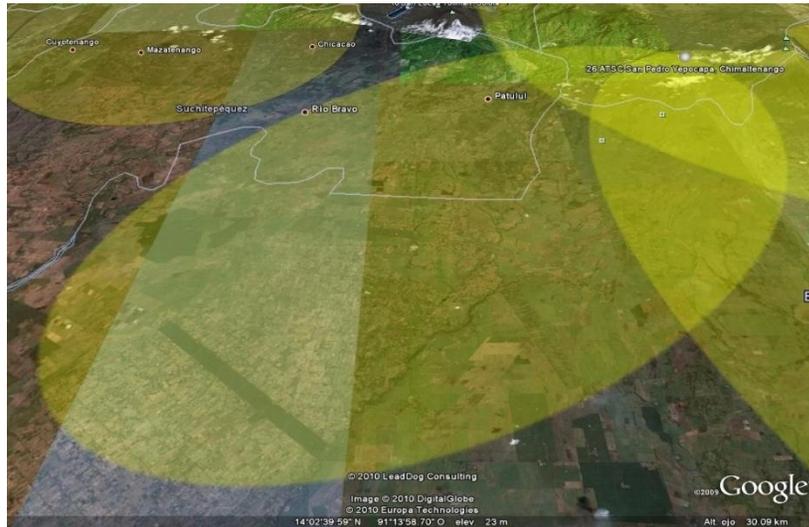
Tabla LXII. **Parámetros de diseño de la repetidora de TDT número 26, El Pacayal, Pochuta, Chimaltenango**

No.	Sitio	Elevación de torre (m)	Altura de Torre (m)	Velocidad de Viento de Diseño (Km s/h)	Potencia (kWatts)	Ganancia de Antena (unidades)	Patrón de Radiación	Intensidad de Campo (dBu)	ASTP (Altura Sobre la Tierra Promedio) (m)	PER (Potencia Efectiva Radiada) (kW)	Distancia de Contorno (km)
26	El Pacayal	1643	30	160	0.500	8.50	dos lóbulos	48.000	221	4.250	66

Fuente: elaboración propia.

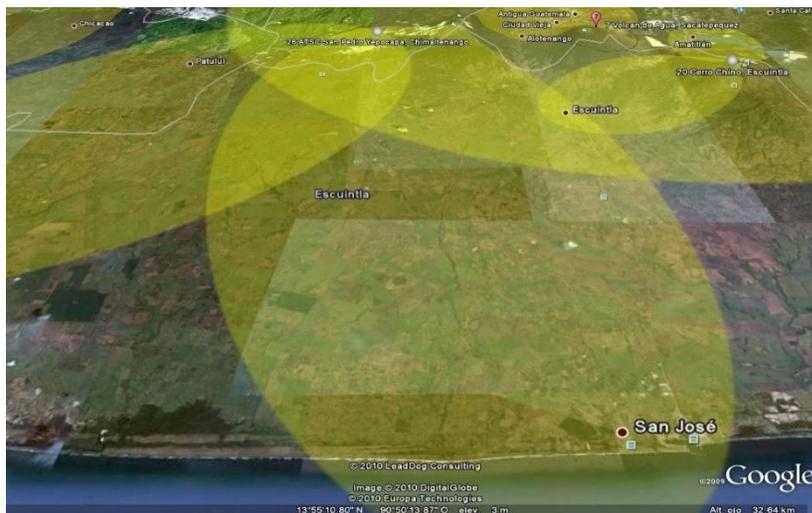
Esta repetidora de televisión digital es muy buena oportunidad debido a lo plano de la costa en donde la cobertura puede ser amplia, continua y de buena calidad, por otro lado la altura del sitio es de igual manera muy favorable para alcanzar los objetivos.

Figura 71. **Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 26 El Pacayal hacia Nueva Concepción**



Fuente: elaboración propia, con programas Photoshop y Google Earth.

Figura 72. **Mapa de la cobertura de la repetidora de televisión digital terrestre número 26 El Pacayal hacia Puerto San José**



Fuente: elaboración propia, con programas Photoshop y Google Earth.

**Tabla LXIII. Municipios y poblaciones que cubre la repetidora de TDT de El Pacayal, Pochuta, Chimaltenango**

No.	Municipio	Población [habitantes]	Extensión [km2]	Densidad [habitantes/km2]	No. Repetidora de TDT
95	3. Iztapa	11,695	65.239	179.26	26
96	4. La Democracia	24,226	290.904	83.28	26
97	5. La Gomera	58,273	786.467	74.09	26
98	6. Masagua	42,756	473.721	90.26	26
99	7. Nueva Concepción	62,912	524.200	120.02	26
101	9. San José	50,250	220.332	228.06	26
103	11. Santa Lucía Cotzumalguapa	121,651	454.927	267.41	26
104	12. Siquinalá	21,567	184.534	116.87	26
298	4. Patulul	39,314	339.045	115.96	26
300	6. Río Bravo	20,073	158.304	126.80	26
307	13. San Juan Bautista	9,338	34.639	269.58	26
311	17. Santa Bárbara	22,749	177.129	128.43	26

Fuente: Instituto Nacional de Estadística –INE- IV Censo Nacional Agropecuario 2003.



## **5. INTERNET PROTOCOL TELEVISION (IPTV)**

Es latente el crecimiento de cableado de cobre y fibra, independientemente de que las empresas de cable están monopolizándose, el crecimiento en la oferta en las ciudades, pueblos e incluso aldeas de Guatemala también se debe a la demanda de Internet favoreciendo el crecimiento del mismo, por lo que en medio de ese escenario es factible hablar del tema de la televisión por medio del internet.

### **5.1. Introducción a IPTV**

Porque IPTV representa una serie de tecnologías, nos enfocaremos primordialmente en el envío de shows de televisión, películas y similar contenido vía redes privadas y públicas basada en IP. Sin embargo, antes de hacer eso, examinaremos elementos comunes de la red de diferentes tipos de servicios de IPTV para obtener una apreciación a manera general por la cual el contenido del video puede enviarse al consumidor sobre ambas redes pública y privada basadas en IP.

#### **5.1.1. El concepto de IPTV**

Podemos definir IPTV como una representación de “contenido de video digital”, incluyendo televisión, que es enviada vía el uso del Protocolo de Internet IP. IP puede utilizarse para enviar tipos de contenidos sobre Internet o red privada basada en IP. IPTV puede ser considerado para representar un software basado en tecnología “*pull-push*”. Aquí el término “*pull*” representa al suscriptor transmitiendo un requerimiento vía IP para un canal particular de TV, película, video musical, o producto similar, el requerimiento es recibido por el proveedor IPTV, el cual manda el tren de video del servidor al que requiere usando la dirección IP del requirente como la dirección de destino.

### 5.1.2. Elementos de red

Un sistema IPTV puede considerarse representando cuatro elementos principales que son generales y comunes a cualquier infraestructura de sistemas proveedores. Estos elementos incluyen video de cabecera, red IP de proveedor de servicio, red de acceso proveedor de servicio y la red de casa o residencia. La figura 73 ilustra la relación de los elementos de red IPTV y el flujo de datos del proveedor de contenido al consumidor.

Figura 73. Elementos fundamentales de red IPTV



Fuente: HELD, Gilbert. Understanding IPTV. Auerbach Publications. Boca Ratón New York. 2006. p.16.

#### 5.1.2.1. El video de cabecera

El video de cabecera representa el punto de la red donde el contenido es capturado formateado para la distribución sobre la red IP, el video de cabecera de la red IP podría conectarse a receptores satelitales, a receptores de televisión por aire y televisión Premium. La cabecera toma cada tren de datos y lo codifica en un formato de video digital, tal como MPEG-2 o MPEG-4. Después de codificar, cada tren de datos, es transmitido a un específico destino de dirección IP en respuesta a un requerimiento de un cliente para un canal particular, existen tres métodos populares de direccionar: unidifusión, multidifusión y masivadifusión. Con un direccionamiento de unidifusión el dato es enviado a un destino específico, mientras que con un direccionamiento de masivadifusión de datos es leído por cada estación; por lo tanto el direccionamiento de multidifusión puede ser visto únicamente por dos.

#### 5.1.2.2. **El proveedor de servicio de red**

El proveedor de servicio de red puede considerarse como un sistema de entrega que permite flujo de datos de núcleo de la red que está conectado al video de cabecera. En el proveedor de servicio de red, la línea de canal fluye en la forma de un tren de video codificado.

#### 5.1.2.3. **El acceso a la red**

El acceso a la red provee conectividad a las premisas del cliente a la parte principal de la red operada por el proveedor de servicio. En términos de telefonía, el acceso a la red es comúnmente conocido como la conexión “última milla”. El método utilizado para transportar con facilidad en el acceso a la red corresponde a las ofertas de los RBOCs.

Las ofertas incluyen varias versiones de Líneas Asimétricas Digitales de Suscripción (*Asymmetrical Digital Subscriber Lines =ADSL*) muy alta tasa de bit de Líneas Digitales de Suscripción (*very-high-bitrate Digital Subscriber Lines =VDSL*), y diferentes tecnologías de fibra óptica, tales como redes ópticas pasivas (PON). El proveedor de servicio usará el acceso a la red para suscribir las premisas para proveer una conexión alta de banda ancha. Esta conexión habilitará acceso a varios canales de televisión, VoIP, e Internet de alta velocidad proveído por una conexión común a los servicios del proveedor de red.

#### 5.1.2.4. **Red de hogar**

La red de casa es la responsable de la distribución de servicios de IPTV en toda la casa; actualmente, la red de casa está en desarrollo, con transmisiones ocurriendo en Ethernet ancho a Ethernet inalámbrico y equipo de audio y video. Ethernet inalámbrico puede proveer tasas de datos hasta aproximadamente 10 Mbps y las especificaciones del

equipo para el hogar de audio y video permiten tasas de datos hasta 200 Mbps para ser transmitidos en el cableado eléctrico hasta los hogares y oficinas.

## 5.2. El Protocolo TCP/IP y el IPTV

Esta sección tiene dos objetivos. Primero, revisaremos las principales características del juego de protocolo TCP/IP. Una vez logrado esto, se utilizarán los conocimientos sobre el juego de protocolos para lograr una comprensión de la manera en que se transporta video en un ambiente TCP/IP

### 5.2.1. El Protocolo TCP/IP

Existen dos tipos de video que pueden transportarse por el protocolo TCP/IP, tales videos son de tiempo real y grabados para reproducción. El primer tipo, de tiempo real, un *buffer* rápido para minimizar el retardo que experimentan los paquetes en la red IP. En comparación con los videos que han sido grabados el aparato no requiere del *buffer* rápido.

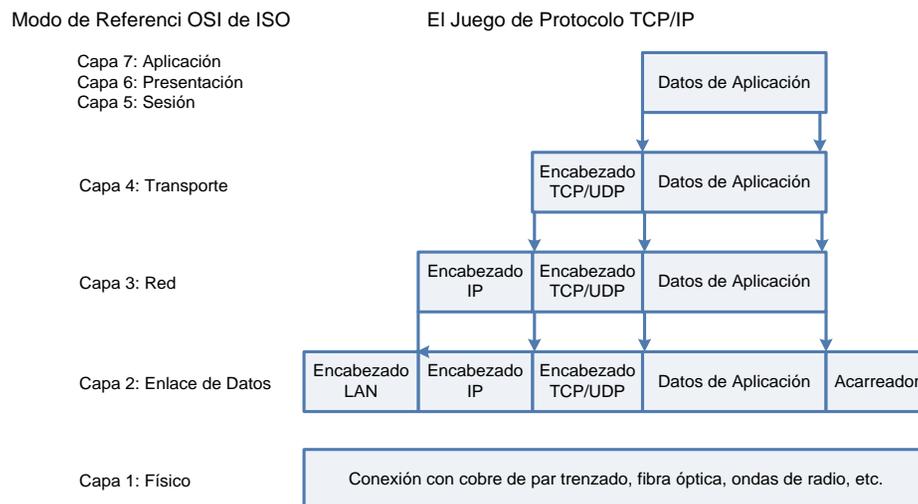
#### 5.2.1.1. Repaso

El juego de protocolo TCP/IP representa un protocolo de capas similar al modelo de referencia de siete capa OSI (*Open System Interconnection*) de la Organización Internacional de Estándares, pero éstas se pueden resumir en cinco capas. La figura 74 ilustra las cinco capas del juego de Protocolo TCP/IP durante la formación de los cuadros LAN así como la relación entre las capas del modelo ISO de referencia.

Examinando la figura 74, se nota que el juego de protocolo TCP/IP no define la capa física, en su lugar define una serie de protocolos de resolución de direcciones (*ARPs Adress Resolution Protocols*) que habilita las direcciones de las capas de la red para ser adaptadas para operar en la capa MAC (*Media Access Control*) soportada por una LAN particular. Además, de la capa 5 a la 7, existe una simple capa de aplicación en el juego de protocolo TCP/IP.

Conforme un cuadro LAN se forma en el protocolo TCP/IP, un encabezado de capa de transporte, típicamente un encabezado en TCP (*Transmission Control Protocol*) o UDP (*User Datagram Protocol*), se antepone a los datos de aplicación. Los encabezados TCP y UDP incluyen un número de identificador de puerto de fuente y de destino, que indica el tipo de datos de aplicación serán transportados. En realidad, el número de puerto de destino indica el tipo de aplicación porque el elemento receptor lo “escucha” para predefinir el número de puerto para realizar una o más aplicaciones predefinidas asociadas con ciertos números de puertos.

Figura 74. **TCP/IP encapsulado en un encabezado LAN**



Fuente: HELD, Gilbert. *Understanding IPTV*. Auerbach Publications. Boca Ratón New York. 2006.  
p. 86.

### 5.2.2. Entrega de IPTV

En esta primera sección se reflexiona sobre los dos principales métodos utilizados por la entrega de IPTV. Esto será seguido por una discusión de los diferentes estándares utilizados para codificar y distribuir vídeo. Debido a que el RTP es esencial para la distribución de vídeo, esta sección también explorará su uso.

#### 5.2.2.1. **Métodos de entrega**

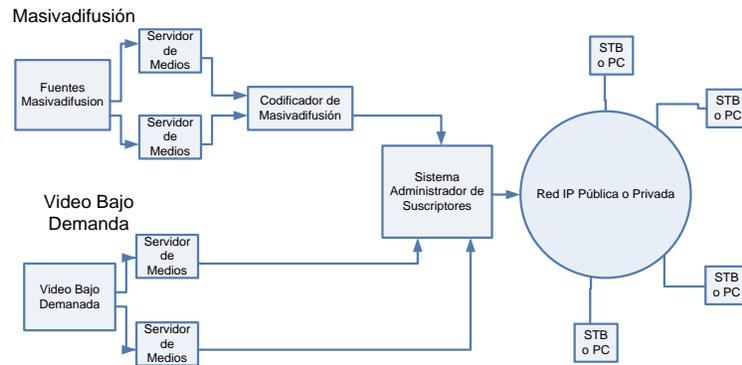
Existen tres métodos básicos por los que el vídeo se puede entregar a través de una red IP. Los métodos incluyen la entrega como una transferencia de archivos, que se opone a visualización en tiempo real, difusión masiva y vídeo bajo demanda (VOD, *Video On Demand*). Los últimos dos métodos se utilizan para la visualización en tiempo real de una película, la televisión espectáculos, conciertos, u otro tipo de entretenimiento visual. Dado que el archivo de transferencia de vídeo, aunque representa una transferencia de datos dentro de una red IP, se utiliza para la reproducción y no visualización inmediata, se limitará a que la transferencia puede ocurrir a través de FTP o mediante el uso de la aplicación Bit Torrent.

#### 5.2.2.2. **Masivadifusión**

Cuando el video es difundido masivamente, cada fuente se proporciona en un número de canal único a través de una caja convertidora para que la persona seleccione el contenido que desea ver. En realidad, cuando una persona usa la caja convertidora para seleccionar un canal, de la caja se establecerá una conexión a la canal de difusión masiva, eliminando la necesidad del flujo de todos los canales digitales llegando a la casa del abonado, como se hacen cuando la televisión por cable se utiliza.

La parte superior de la figura 75, ilustra la distribución de vídeo a través de la difusión masiva de canales, la fuente de difusión masiva de películas se puede almacenar previamente en servidores, así como una transmisión en vivo desde una estación de televisión en el aire, cada fuente se introduce en un codificador de difusión, que empaqueta el video corriente, incluyendo el establecimiento de un número de canal y el grupo de dirección de difusión múltiple a la que los descodificadores se unirán cada vez que un espectador selecciona un canal utilizando la caja.

Figura 75. **IPTV se puede entregar a través de la difusión y unidifusión de vídeo a la carta (VOD) de transmisión. (STB, set-top box)**



Fuente: HELD, Gilbert. Understanding IPTV. Auerbach Publications. Boca Ratón New York. 2006.  
p. 106.

El sistema de difusión masiva se puede considerar como una serie de servidores de medios que acogen a un número de trenes de datos para difusión masiva. Los servidores de medios soportan la entrega de multidifusión y unidifusión tanto como las utilizadas para las operaciones VOD. Debido a que la facturación de servicios representa un aspecto importante de cualquier operación de IPTV, un sistema de gestión de abonados se utiliza para realizar esa función.

### 5.2.2.3. Video bajo demanda

La parte inferior de la figura 75, ilustra la integración de vídeo a la carta en un sistema de comunicaciones IPTV; debido a que VOD responde a una consulta generada por un suscriptor a través del decodificador o una PC, la respuesta de los flujos surge como una secuencia de datagramas de unidifusión a la dirección IP del decodificador o una computadora personal. Normalmente, la estación de gestión de abonados mostrara una lista de eventos VOD a partir de la cual un suscriptor puede seleccionar un programa. Sin embargo también es posible para un operador de IPTV insertar una tarjeta

con la factura mensual del abonado, que puede mostrar cientos de acontecimientos, mostrando el costo, y un código de acceso para recuperar los eventos seleccionados.

#### 5.2.2.4. Normas de entrega de vídeo

Varias normas pueden ser usadas para obtener un sistema de entrega video IPTV. Los dos estándares más populares son MPEG-1 y MPEG-2, con este último que representa una modificación a la norma anterior que se utiliza comúnmente en cajas de televisión por una caja convertidora debido a su mayor capacidad de compresión de datos.

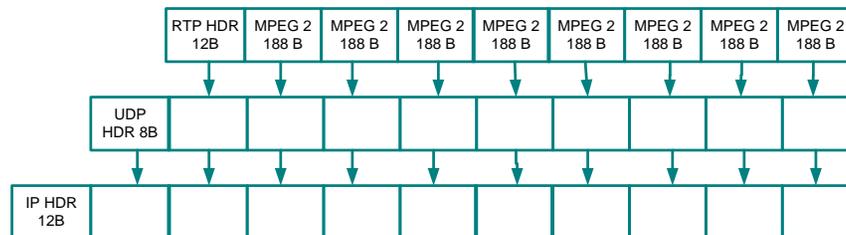
Una nueva norma MPEG es MPEG-4, que fue finalizada en 1998 y se convirtió en un estándar internacional en 2000. MPEG-4 está diseñado para ofrecer un vídeo con calidad DVD similar a MPEG-2, pero a mayor velocidad de datos. De hecho, MPEG-4 escala para el transporte de los medios de comunicación en cualquier tipo de datos, desde los de baja velocidad de acceso telefónico hasta los de gran ancho de banda con conexión de fibra hasta el hogar. Algunos de sistemas de televisión por satélite, como DirectTV, han adoptado MPEG-4 para la entrega de televisión digital, debido a su calidad de imagen a velocidades de datos más bajas, lo que permite más canales.

#### 5.2.2.5. UDP/RAW y UDP/RTP

Aunque la figura 76, ilustra el uso de RTP (*Real Real Time Protocol*) para el transporte de MPEG-2 basado en IPTV, es importante tener en cuenta que el vídeo también se puede transportar directamente en los paquetes UDP sin el uso de RTP. Cuando ocurre esta situación, el flujo de transporte se conoce como UDP/RAW. Cuando UDP/RAW se utiliza, varios errores y condiciones de información pueden ser detectados, incluyendo:

- Remitente cambiado
- Falta de bytes de sincronización
- Incorrecto tamaño de paquete
- Tiempos de espera
- Excesiva fluctuación
- Inadecuada velocidad de bits UDP

Figura 76. **Entrega de MPEG-2 a través de IP**



Fuente: HELD, Gilbert. Understanding IPTV. Auerbach Publications. Boca Ratón New York. 2006.  
p. 108.

Cuando se utiliza RTP con UDP, como se muestra en la figura 76, los paquetes pueden ser marcados en tiempo y mediante el uso de un número de secuencia, esto permite la detección de varias condiciones de error adicionales a los ya detectable cuando se utiliza UDP/RAW, estas nuevas condiciones de detección de error utilizando UDP/RTP incluyen

- La determinación de los paquetes recibidos fuera de orden
- La detección de paquetes duplicados
- La determinación de si un paquete se pierde
- La determinación de los paquetes que tienen un tamaño incorrecto

Aunque tanto UDP/RAW como UDP/RTP pueden ser utilizados para transportar video, este último ofrece la posibilidad de compensar las condiciones de error como los paquetes que se reciban fuera de orden, los paquetes de tamaño incorrecto, o paquetes

duplicados; además como UDP/RTP permite a un receptor determinar si un paquete se pierde, también permite compensar los paquetes perdidos.

Un sello de tiempo permite a un receptor realizar la sincronización, así como resolver el temblor de la voz que se experimenta debido a los retrasos de los paquetes a través la red. La figura 76 ilustra el proceso de unidad que posibilita el video MPEG-2 que se distribuirán por los datagramas IP, debido a que RTP es un integrante parte del proceso de entrega que permite a los paquetes perdidos transportar video a reconstruir, vamos a centrar nuestra atención en este protocolo.

### 5.2.3. Sobrecarga RTP

Al examinar la encapsulación de un flujo de datos MPEG-2, como se muestra en Figura 76, tenga en cuenta la sobrecarga del protocolo en la capa de red. El IP, UDP, RTP y el encabezado resulta en 40 bytes de sobrecarga mientras 1316 bytes de video se transportan a través de MPEG-2. Por lo tanto, el encabezado superior en la capa de red es  $40/1316$ , o aproximadamente un 3%. Si el datagrama IP en los flujos de una red Ethernet que tiene un encabezado de 26 bytes y un remolque de 4 bytes, la sobrecarga resulta en  $70/1316$ , o aproximadamente un 5.3%.

Cuando se utiliza UDP/RAW, el encabezado RTP se elimina, con los 12 bytes de sobrecarga RTP eliminados, la sobrecarga de la capa de red se convierte  $28/1316$ , o aproximadamente un 2.1%; cuando UDP/RAW con un flujo de datagrama IP en una red Ethernet, el encabezado superior resultante se convierte  $58/1316$ , o aproximadamente un 4.4%. En la tabla LXIV se comparan las sobrecargas asociadas con el uso de UDP/RTP y UDP/RAW. Tenga en cuenta que tanto para la red como para las capas de enlace de datos la diferencia de las sobrecargas entre UDP/RTP y UDP/RAW es inferior al 1 por ciento. La adición de RTP para la pila de protocolos no resulta en una cantidad excesiva de sobrecarga. Ahora que tenemos conocimiento de la sobrecarga resultante de la utilización de RTP, vamos a enfocar nuestra atención en el propio protocolo.

Tabla LXIV. **Comparación de sobrecarga de UDP/RAW y UDP/RTP**

Protocolo	Capa de Red	Capa de Enlace de Dato
UDP/RTP	3.0	5.3
UDP/RAW	2.1	4.4

Fuente: HELD, Gilbert. Understanding IPTV. Auerbach Publications. Boca Ratón New York. 2006.  
p. 110.

#### 5.2.4. **El transporte de protocolo en tiempo real (RTP)**

RTP se identifica en el encabezado UDP con un valor de 5004 en el ámbito portuario. RTP ofrece servicios de transporte de extremo a extremo de la red que facilitan la entrega de datos en tiempo real tales como audio, video, y datos de simulación a través de servicios de red de multidifusión o unidifusión. Aunque RTP proporciona sellado de la secuencia y tiempo de los datos, no se ocupa de la reserva de los recursos ni garantiza la calidad del servicio (QoS) para los datos en tiempo real. Por lo tanto, corresponde a los operadores de red a configurar colas para priorizar el tráfico de enrutamiento predefinidas para permitir al video en tiempo real la llegada a su destino con un retraso mínimo.

##### 5.2.4.1. **Consideraciones del desplazamiento**

Uno de los principales problemas asociados con la entrega en tiempo real de video sobre una red IP es el desplazamiento cuadros en el transporte de paquetes de su posición original. Este desplazamiento de los paquetes que se conoce como *jitter* y normalmente se compensa mediante el uso de un *buffer* en el receptor. Un *buffer* puede ser pensado como un espacio de memoria utilizada para compensar las demoras en el flujo de paquetes a través de una red.

Aquellos retrasos pueden ser causados por la distancia o retardo de propagación, así como por las demoras en su procesamiento en los *router*. Los paquetes primero entra en búfer del receptor "*jitter*", de la que se extraen, a veces aplicables de manera que en su

visualización elimina movimientos que de otra manera aparecen debido al desplazamiento de paquetes entre sí a medida que fluyen a través de una red. Por ejemplo, asumir una velocidad de 30 fps. Esto significa que cada paquete requiere un treintavo (0.0333) de un segundo para su exhibición. Con un *buffer*, los primeros fotogramas fluirían en él y luego ser extraído en una secuencia de tiempo que minimiza el desplazamiento de fotogramas de una otro.

### 5.3. Componentes de hardware

En esta sección vamos a examinar las diferencias entre un receptor de televisión por cable de caja convertidora y una caja convertidora IPTV, así como las funciones de un centro de medios y extensor de centro de medios, el administrador de contenido, servidores de emisión, y los servidores de archivo.

#### 5.3.1. Cajas convertidoras

Si se suscribe a un servicio de cable para obtener la posibilidad de ver canales más allá de un paquete básico analógico de bajo costo, está utilizando una caja convertidora. Esa caja convierte analógico, y también puede convertir los canales digitales, si se suscribe a la oferta, de las frecuencias de los canales 3 ó 4 que transmiten el cable por medio de la caja convertidora.

##### 5.3.1.1. Funciones básicas

Una buena parte de las funciones de las cajas convertidoras son similares a la de los descodificadores de cable y operadores de satélites. Además de descodificación de señales, otra de sus funciones será, en la demanda, proporcionar una lista guía de espectáculos por hora, canal, o de otro tipo métodos seleccionados, así como proporcionar información acerca de un programa seleccionado.

Algunos descodificadores incluirán un disco duro, lo que permite que el abonado pueda grabar programas para verlos más tarde, y algunas cajas convertidoras más recientemente desarrolladas que incluyen uno o más puertos USB, que permiten el apoyo de las comunicaciones WiFi o la configuración de una red doméstica. Otra diferencia entre los dos que merece una mención es la eliminación de la necesidad de un cuadro de decodificadores IPTV, puesto que se elimina el uso de la frecuencia. Esto se debe a que la entrada a la caja convertidora IPTV, es un conjunto de datos digitales que la caja convertidora sacará por cualquiera de los canales 3 ó 4.

#### 5.3.1.2. **Funcionalidad adicional de las cajas convertidoras IPTV**

Aunque las cajas decodificadores IPTV, tienen una funcionalidad básica similar a las cajas desarrollado para proveedores de cable y satélite, se reconocen y actúan en UDPs (*User Datagram Protocols*), se transmiten en datagramas IP. A través de una cantidad significativa de software o firmware de codificación, la caja convertidora transmite una solicitud para unirse a un grupo de multidifusión cuando el suscriptor sólo cambia el canal estándar a otro.

Otra ventaja dentro del software de la caja convertidora es la capacidad de transmitir peticiones unidifusión a la red cuando el suscriptor selecciona un video bajo demanda en un evento especial. El navegador también puede utilizarse para ver el correo electrónico, la interfaz con varios tipos de redes para el hogar a través de portales, así como proporcionar el apoyo a tiempo real de voz sobre IP (VoIP), videoconferencia, y en evolución teléfonos que combinan audio de teléfono con una cámara que permite partes de una conversación para ver entre sí.

#### 5.3.2. **Centros de medios y centros extensores**

Uno de los tipos más interesantes de computadoras que han llegado al mercado durante los últimos años es un dispositivo que se vende como un “centro de medios”,

esta es la primera PC desarrollada para funcionar a través de un mando a distancia y residir en un estante en el estudio o la sala de estar, junto con otros equipos de audio-visual.

#### 5.3.2.1. **Información general**

El centro de medios de comunicación representa una PC con un sintonizador de televisión que permite a los usuarios ver televisión en tiempo real con el desempeño de un equipo tradicional, operaciones como el envío y recepción de correo electrónico, crear documentos, y realizar otras actividades relacionadas con la informática. Dependiendo de la autorización asociada con el contenido digital y software de sistema operativo, los usuarios pueden ser capaces de grabar vídeo en el disco, grabar un DVD, o incluso enviar un video visto anteriormente a un amigo en otro lugar o con otros receptores de televisión en el hogar.

#### 5.3.2.2. **Funcionamiento**

Además de la gestión de vídeo, un centro de medios ofrece a los usuarios la capacidad de manejar audio y fotografías. Hardware opcional permite a los usuarios conectar el centro de medios a uno o más televisores en el hogar para mostrar una guía completa de las listas de programas. Una vez que el centro de medios es capaz de mostrar información en uno o más televisores a través de una red doméstica, puede ser usado para controlar la presentación de la información.

#### 5.3.2.3. **Programa de centro de medios de microsoft**

*Microsoft Media Center*, que se basa en una versión especial de Windows XP, controla el mercado centros de medios basados en de PCs, soporta un gran número de terceros *plug-ins* que puede agregar una cantidad considerable de funcionalidad. Por ejemplo *plug-ins* incluyen software para mostrar y distribuir ID de llamadas en otros dispositivos conectados a la red doméstica, un programa que facilita la creación y

reproducción de películas, una lista guía en línea que puede ser personalizado, y un programa que convierte el controlador del centro informático en una grabadora de vídeo sofisticado que permite al usuario grabar programas específicos.

#### 5.3.2.4. **Extensor del centro de medios**

Aunque la *PC Media Center* se ha desarrollado como un mecanismo de registro, control y de visualización de contenido de audio y vídeo a través de una casa, es el extensor del centro de medios el que hace que la distribución de la información sea una realidad.

##### 5.3.2.4.1. **Información general**

La Tecnología del Extensor del Centro de Medios fue anunciada por Microsoft en la *International Consumer Electronics Show* de Las Vegas en 2004. Basado en el programa embebido CE de Windows, los objetivos del extensor del centro de medios es ampliar el alcance de los sistemas básicos a las pantallas de televisión situadas en diversas áreas y plantas en el hogar.

##### 5.3.2.4.2. **Operación del producto**

El extensor del centro de medios se conecta a una red doméstica a través de cable Ethernet 10/100 BASE-T o Ethernet inalámbrica, que soportan comunicaciones IEEE 802.11a o IEEE 802.11g. El uso del estándar IEEE 802.11a resulta en las comunicaciones que ocurren en la banda de 5 GHz, mientras que la utilización del estándar 802.11g genera comunicaciones que tienen lugar en la banda de 2.4 GHz. Una vez que el extensor está conectado a un televisor, los usuarios pueden accionar el mando a distancia para hacer su camino a través de una serie de menús para acceder a películas digitales, programas de televisión, fotos o música almacenada previamente en su Windows Media Center PC.

### 5.3.3. Servidores

La caja convertidora, el centro de medios, y el extensor de centro de medios representan dispositivos ubicados en el hogar o la oficina. En el extremo opuesto de la red IPTV son una serie de servidores que adquieren contenido, el formatean el contenido para su distribución, y transmiten el contenido sobre una red IP para la entrega a los suscriptores.

Un servidor de masivadifusión en tiempo diferido permite a un proveedor de servicios de transmisión en diferido de vídeo en diferentes momentos. Si el prestador del servicio no ofrece esta característica no sería necesario este tipo de equipos; Además esta función podría lograrse a través de un programa en un servidor de "medios", aliviándose la necesidad de un servidor independiente; Sin embargo como el número de suscriptores de IPTV aumenta, el proveedor de servicios probablemente emplean a una "división del trabajo" moviendo algunas funciones específicas a servidores independientes.

#### 5.3.3.1. Servidor de cabecera

Uno de los tipos más importantes de servidores que se utilizan en un ambiente de IPTV es el servidor de cabecera, que reside en la instalación central del proveedor de servicios, este servidor captura directamente el vídeo el flujo de datos de la transmisión vía satélite (DVB-S), terrestre (DVB-T), y el cable (DVB-C). Las señales capturadas son luego convertidas en datos utilizando secuencias de multidifusión preseleccionados canal de televisión asociados para la transmisión sobre una red IP. A continuación, los cuadros de masivadifusión digital son direccionados a través de multidifusión usando protocolos seleccionados, como RTP en UDP o UDP/RAW.

Volviendo nuestra atención a la figura 75, observe que el "servidor de medios" genérico se muestra la aceptación de una variedad de fuentes de emisión y a continuación la transferencia de datos a un "codificador de masivadifusión". Tanto el

servidor de medios y el codificador de masivadifusión que se muestra en la figura 75 son equivalentes a un servidor de cabecera. El programa de cabecera, obviamente, debe ser compatible con el decodificador instalado en los locales del abonado. Para cualquier acción la caja convertidora remitirá una solicitud de adhesión a la multidifusión de grupo asociado con el canal seleccionado, esta solicitud se enviará de la caja convertidora para el digital subscriber line acces multiplexer (DSLAM) en un entorno de DSL.

#### 5.3.4. **Servidor de Masivadifusión**

Otro nombre para un servidor de cabecera es un servidor de masivadifusión, sin embargo, los dos términos pueden ser sinónimos o antónimos. Debido a que previamente se discutieron las principales funciones del servidor de cabecera, esta sección se centrará en las funciones adicionales que pueden incluirse en un servidor de masivadifusión utilizados en un entorno corporativo.

A diferencia de un servidor de cabecera, el servidor de masivadifusión de video no convierte un tren de masivadifusión en múltiples transmisiones de multidifusión, donde cada transmisión se asigna a un canal de televisión, tampoco este servidor trabaja en conjunto con uno o más tipos de descodificadores. En cambio, el servidor de masivadifusión de video es comúnmente diseñado para generar una alimentación individual cada vez, que es vista a través de la utilización de un buscador en el escritorio o una computadora portátil.

#### 5.3.5. **Servidor de vídeo digital**

Un tercer tipo de servidor que requieren un cierto grado de explicación es un servidor de vídeos digitales (DVS). A pesar de este servidor se puede situarse a la cabeza de un sistema de transmisión, también puede ser ubicado en cualquier punto de una red. Este servidor soporta la captura, edición, almacenamiento y transmisión de de vídeo digital. Diseñado para ser utilizado por las escuelas, bibliotecas, hoteles, museos y corporaciones, el DVS es típicamente un servidor más pequeño y menos potente que un

dispositivo de cabecera y permite a las organizaciones crear contenido que aparece dentro de un área predefinida.

A diferencia de un servidor de vídeo digital convencional, cuyas masivas difusiones aparecen con el mismo contenido en todas las pantallas, un DVS que tiene capacidades IP pueden transmitir cuadros diferentes para diferentes direcciones IP. Debido a que un DVS se utiliza comúnmente en un sistema cerrado IPTV, tales como una escuela o un museo, no se muestra en la Figura 75. Sin embargo, la mayoría si no todas sus funciones pueden ser incluidos en los servidores de medios en general.

#### 5.3.5.1. **Servidor de video bajo demanda**

El Servidor de vídeo bajo demanda (VOD *Video On Demand*) funciona como un depósito para espectáculos, películas y otros tipos de eventos de vídeo que los usuarios deseen ver en cualquier momento y por una tarifa que suele asociarse. Así, las tres principales diferencias entre el servidor de masivadifusión, el de cabecera y el servidor de vídeo a la carta se pueden clasificar por su accesibilidad, método de transmisión, y el costo.

Considerando que los programas de cabecera o en el servidor de difusión masiva se transmiten en tiempos predefinidos, la información almacenada en el servidor de vídeo a la carta se transmite en respuesta a solicitudes específicas de abonado. En cuanto al método de transmisión, el cabecera o el de difusión masiva transmiten cada tren de video como un mensaje de multidifusión que fluye como una sola secuencia de datagramas a un DSLAM o como un dispositivo que sirve a muchos suscriptores, y en por lo menos un suscriptor ha solicitado un contenido específico.

Posteriormente, el DSLAM con capacidad de multidifusión transmitirá una secuencia de datagramas a cada abonado que previamente se unió al grupo de multidifusión sintonizando el canal en su caja convertidora. Una tercera diferencia entre un servidor de cabecera, un servidor de masivadifusión, y el servidor VOD reside en el

hecho de que un abonado normalmente tendrá que pagar una cuota para ver un espectáculo de Video por Demanda.

#### 5.3.5.2. Servidor de archivos

Una de las principales diferencias entre los datos y video es el hecho de que éste último requiere de almacenamiento considerablemente mayor; considerar una descripción de una película o programa de televisión frente a su propio contenido almacenado. El reconocimiento del hecho de que tanto el servidor de cabecera y los servidores de VOD pueden fácilmente carecer de capacidad para almacenar miles de horas de programación dando como resultado el desarrollo de servidores de archivos de video.

Similares a los servidores convencionales, los servidores de archivo se fabrican en una variedad de configuraciones. Lo que diferencia de los servidores de cabecera o los de masivadifusión y los servidores de vídeo a la carta es el hecho de que el servidor de archivos está diseñado específicamente en apoyo de un gran volumen de almacenamiento en línea, por lo general en la gama de los terabyte, además, el servidor de archivos normalmente tiene almacenamiento de videos utilizando una matriz redundante de discos independientes (RAID *Redundant Array of Independent Disks*), donde, según en el nivel de RAID empleados, ya sea el rendimiento o tolerancia a fallos o un combinación de ambos se mejoran.

Un RAID se puede unir a la mayoría de los tipos de servidores, pero es especialmente útil cuando se utiliza servidor de archivos de video en un entorno de IPTV. Debido a que un servidor de archivos puede funcionar como reserva a otros tipos de servidores, puede ser utilizado como almacenamiento auxiliar para cualquiera de los servidores de medios en general que se muestra en la figura 75. Además, el servidor de archivo puede ser conectado a una LAN, donde se puede proporcionar una capacidad de almacenamiento de copia de seguridad a otros servidores conectados a la red de área local.

### 5.3.5.3. Servidores de facturación y administración

En discusiones anteriores, sólo se menciona brevemente que el acceso al video en demanda podría exigir al estado de cuenta de un abonado que se verifique. Esta comprobación, así como la facturación y otras funciones de gestión puede llevar a cabo en un servidor independiente. Debido a una facturación y gestión una capacidad es fundamental para el funcionamiento del servicio de IPTV, esta capacidad se suele implementar en un sistema de doble procesador conectado a un RAID que proporciona un alto grado de tolerancia a fallos.

Esta configuración asegura que el fracaso de un procesador o disco puede ser compensado. Aunque pequeños proveedores de IPTV, así como algunas empresas de telefonía, TV vía satélite proveedores y operadores de cable podrán utilizar los sistemas de doble procesador en un solo servidor, la mayoría de los operadores eligen mayores probabilidades de mantener su facturación y gestión de sistemas en servidores duales que están interconectados y funcionan en tándem.

El servidor de facturación y administración se muestra como un “Sistema de Administración de Gestión” en la figura 75. Este sistema también puede incluir la capacidad de pagos mediante transferencia bancaria electrónica o tarjetas de crédito. Por lo tanto, puede incluir conexiones de telecomunicaciones a varias organizaciones importantes de tarjetas de crédito así como una conexión para realizar la transferencia de fondos a través de banca electrónica.

## **6. CENTROS DE CONTRIBUCIÓN POR IPTV**

La idea de contribución local de contenidos audiovisuales es para poder hacer una televisión más interactiva, explotando el cambio de tecnología analógica a digital en la televisión, para que ésto no se centre únicamente en los recursos tecnológicos disponibles, sino que también provea de contenidos novedosos, incluyentes, no explotados aún, que fortalezca las producciones locales por medio de la difusión de los acontecimientos que puedan compartirse a nivel nacional e internacional. El crecimiento del Internet y la explotación de los nuevos recursos tecnológicos posibilitan considerablemente la idea de los centros de contribución local.

No se puede dejar de resaltar la posibilidad de mantener comunicación permanente con los departamentos por medio de esta red dedicada y lograr un país más intercomunicado y aportar a una comunicación para el desarrollo de todos.

### **6.1. Diseño de centro de contribución**

Los edificios de los centros de contribución Local de contenidos audiovisuales hacia los estudios de televisión digital deben estar ubicados en las 21 Cabeceras Departamentales, excluyendo Guatemala, debido a la necesidad de conexión de internet por cobre o por fibra óptica hasta la ciudad Capital, que es donde se encuentra el estudio de televisión que luego de recolectar y clasificar los contenidos locales retransmitirá a todo el país por medio de la red de televisión digital terrestre.

Básicamente, para los centros deben considerarse buenas condiciones de la instalación eléctrica que eviten daños al equipo, daños a los operadores y el edificio, ambiente frío para garantizar la vida útil del equipo y conexión de banda ancha de preferencia por medio de fibra óptica o en su defecto por medio de cobre a una distancia

inferior a 1 km por las limitaciones que tiene la tecnología con el manejo de información de video, que en tiempo real requerirán muchos recursos computacionales como de la red de centros de contribución.

#### 6.1.1. Edificio

Cada uno de los 21 edificios de contribución local por IPTV gira en torno a la instalación e implementación de servidores, que adicionalmente requerirá otros elementos para lograr un buen desempeño en la transmisión de archivos de audio y video como de televisión digital en directo hasta los estudios de la televisión digital. Las áreas básicas que deben poseer los Centros de contribución por IPTV son los siguientes

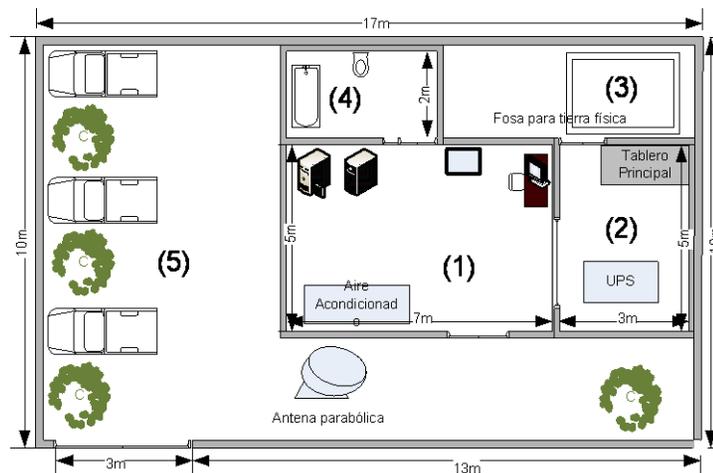
- (1) Sala de Servidores
- (2) Tableros y UPS
- (3) Fosa para Tierra Física
- (4) Servicio Sanitario
- (5) Parqueo

Estos centros no contemplan el equipo necesario para la producción local, únicamente están diseñados como la puerta de conexión con los estudios de televisión digital a donde se entregan las señales leídas de los archivos, cintas, los discos ópticos, o de puertos de audio y video. Como se muestra en la figura 77 la sala de servidores es el área más amplia que debe estar ambientado a uno 21 grados centígrados de temperatura para prevenir fallas en el equipo por calentamiento; además de los servidores deben haber reproductores de DVD, *blue ray* o cinta de varios formatos para la ingesta del audiovisual.

Se pueden tener monitores con la señal del aire que se pueden bajar del satélite, así como se baja en cada sitio de repetidora, para poder tener una referencia más clara o puede lograrse, de igual manera, con recepción del aire en el canal 19. Deberán mantenerse sillas para los operadores como para invitados eventuales al lugar. El área

que contiene los tableros y el UPS garantizan el suministro de energía eléctrica por medio de las baterías del UPS así como de las protección adecuada con una instalación eléctrica, con los calibres y el entubado adecuado para el cetro de contribución.

Figura 77. **Edificio de un centro de contribución de cabera departamental**



Fuente: elaboración propia, con programas Photoshop y Google Earth.

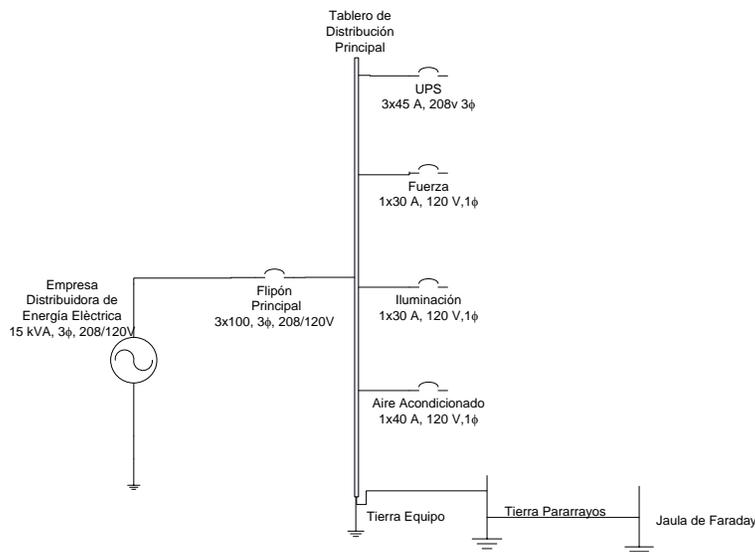
Con la instalación eléctrica se deben instalar supresores de transcientes, que protejan el equipo así como la conexión a una fosa para la tierra física por alguna descarga electro-atmosférica que se induzca por las líneas, la tierra física no debe tener una resistencia superior a los 5 ohmios. Los otros dos ambientes complementarios al edificio son los servicios sanitarios para los operadores como para los invitados y el parqueo que de igual manera deberá contemplar algunos espacios para los visitantes como para los empleados del centro de contribución.

### 6.1.2. **Diseño de la instalación eléctrica**

El diseño de la instalación eléctrica para los centros de contribución se basa en la necesidad de tener un voltaje muy estable que prevenga fallas en los servidores en el momento que capturan la información o que la transfiere a la red. Así como para

prevenir incendios por alguna sobrecarga del equipo o una inducción generada por una descarga electro-atmosférica. El UPS se instalará para estabilizar la energía del equipo y para la iluminación y servicio extra provendrán del tablero principal de distribución.

Figura 78. **Diagrama de barras de la instalación eléctrica en los centros de contribución local**



Fuente: elaboración propia, con programas Photoshop y Google Earth.

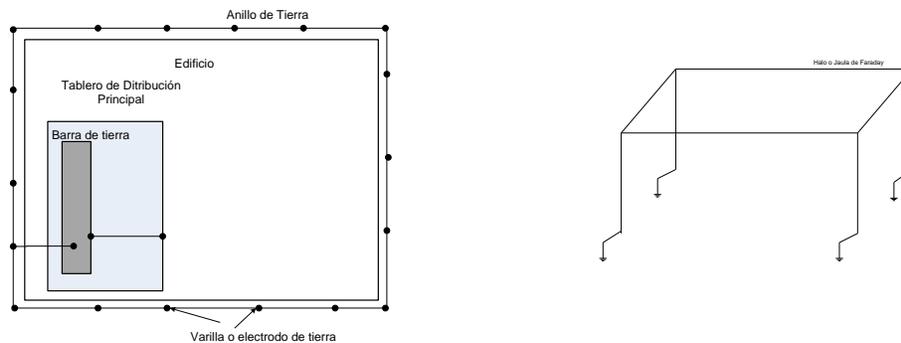
En la figura 78, se contemplan la conexión de los sistemas de tierra interconectados según la teoría de tierra común para todo el sistema, ésta va a depositarse a la fosa de tierra preparada que logra una muy baja resistencia a las descargas eléctricas.

#### 6.1.2.1. Sistema de tierras

Los riesgos que se corren en la ciudad comparado con los sitios de las repeticoras debido a las descargas electro-atmosféricas son menores pero no está demás un buen sistema de tierras para evitar complicaciones, quizás no tan robusto como en el casos de las repeticoras pero los esencial será indispensable en el diseño y la instalación<sup>3</sup>.

La figura 79, recuerda el anillo de tierra física y la Jaula de Faraday utilizado en los sitios de las repetidoras de televisión digital terrestre que pueden aplicarse para los centros de contribución local garantizando de mejor manera el buen funcionamiento del equipo y previniendo accidentes para las personas.

Figura 79. **Anillo de tierra con varillas de cobre**



Fuente: elaboración propia, con programas Photoshop y Google Earth.

### 6.1.3. **La red de centros de contribución**

Como ya se había mencionado con anterioridad la IPTV puede hacer uso de redes privadas basadas en IP así como de redes públicas, sin embargo pensar en una red privada para interconectar los centros de contribución local con la estación de televisión digital es muy costoso, por ello se debe aprovechar las redes de fibra que las empresas de telefonía tengan instaladas en las cabeceras departamentales y a partir de ese punto poder conectarse por cobre como mínimo hasta cada centro, a través de VDSL como la tecnología más reciente y rápida para el manejo del video, o también, la mejor opción, a través de una conexión directa de fibra óptica que sería la opción óptima.

### 6.1.3.1. VDSL

VDSL representa el miembro más poderoso de la familia de productos xDSL, alcanzando velocidades de hasta unos 50 Mbps en un cable par trenzado para teléfono para distancias relativamente cortas, por lo general entre 1000 y 4500 pies. Hay varias versiones de VDSL, incluyendo asimétricas y simétricas, siendo este último más adecuado para las empresas donde la conexión de servidores o la transferencia de datos entre lugares requieren velocidades de datos bidireccionales y equilibrados.

Tabla LXV, indica los tipos de datos soportados por la tecnología VDSL corriendo sobre cable de cobre de calibre 26. Así como la distancia aumenta la tasa disminuye los datos obtenibles. De acuerdo con las especificaciones (AWG *American Wire Gauge*), conforme el número del calibre disminuye el diámetro del cable incrementa. Esto resulta en un pequeño incremento de diámetro, que reduce su resistencia y permite una distancia mayor. Aunque la tasa de datos de muy alta velocidad disminuye con la distancia, cuando se utiliza hasta a un rango de aproximadamente 4,500 metros.

Tabla LXV. **VDSL rangos y rangos de Transmisión de VDSL**

Tasa de Datos (Mbps) Tren ascendente/Tren descendente	Distancia de Transmisión Sobre cobre 26 AWG (ft)
52/30	1000
54/13	1000
26/26	3000
22/13	3000
13/13	4500
10/10	4500
06/06	6000
16 / 1	6000

Fuente: HELD, Gilbert. Understanding IPTV. Auerbach Publications. Boca Ratón New York. 2006.

p. 116.

### 6.1.3.2. Opciones de implementación

Aunque la mejor arquitectura de red para soportar los inconvenientes de la IPTV, lo que permitiría a un espectador de casa ver muchos programas de televisión de alta definición al mismo tiempo, es a través de la utilización de fibra hasta el hogar (FTTH), es demasiado costoso en la mayoría de las situaciones.

Entre estas situaciones principalmente se refieren a la evolución actual, cuando el gasto de funcionamiento de la fibra cable de la vecindad o frenar en el hogar requeriría césped para excavar, caminos de entrada a un túnel por debajo, o los cables de fibra para ser instalado en líneas generales, lo que sería costoso, en cambio, varias las compañías telefónicas están utilizando cinco alternativas de despliegue de fibra. Estas alternativas incluyen

- Fibra para el intercambio(FTTEx)
- Fibra para el gabinete (FTTCb)
- Fibra para el vecindario (FTTN)
- Fibra para la curva (FTTC)
- Fibra para el edificio (FTTB)

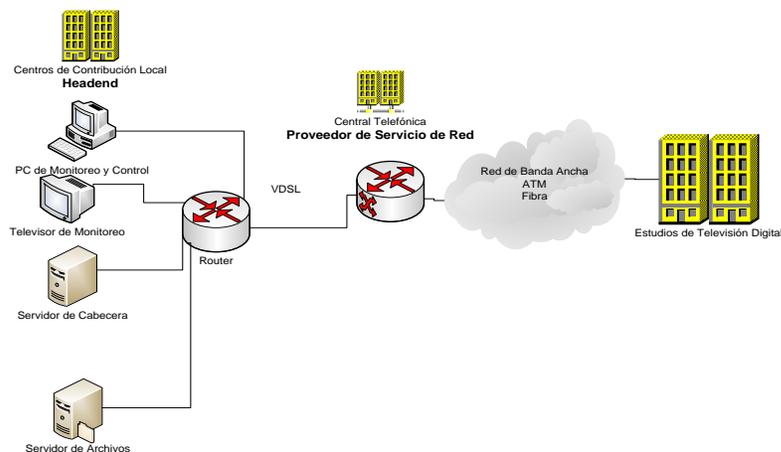
Debido a que VDSL puede proporcionar una velocidad de transmisión relativamente alta respecto a la base del par trenzado de cobre existente, las compañías telefónicas pueden sustituir a muchos de sus principales alimentadores con fibra óptica sin tener que pasar el cable directamente en los hogares y las empresas. Mediante el despliegue de FTTN o FTTC, las empresas telefónicas pueden evitar el costo de la excavación de los céspedes y jardines, así como madriguera a través de caminos de acceso.

En su lugar, un módem VDSL se puede colocar en el hogar o la oficina y se conecta al cableado telefónico existente. Si se utiliza FTTN, una puerta de acceso VDSL se

encuentra normalmente en las terminales de la fibra termina y prevé la conversión de analógico a digital y digital a analógico para una serie de cables de par trenzado enrutadas a viviendas y oficinas de abonados a la puerta de enlace.

La configuración de la red propuesta como alternativa para interconectar el contenido de producción local en las cabeceras Departamentales a los estudios de la nueva TDT podría parecer a la inversa de la aplicación par la que fue concebida la IPTV, pero realmente sólo es una adaptación de la opción de unidifusión que forma parte de la configuración natural de IPTV.

Figura 80. **Diagrama de red de centro de contribución local hasta estudios de televisión digital**



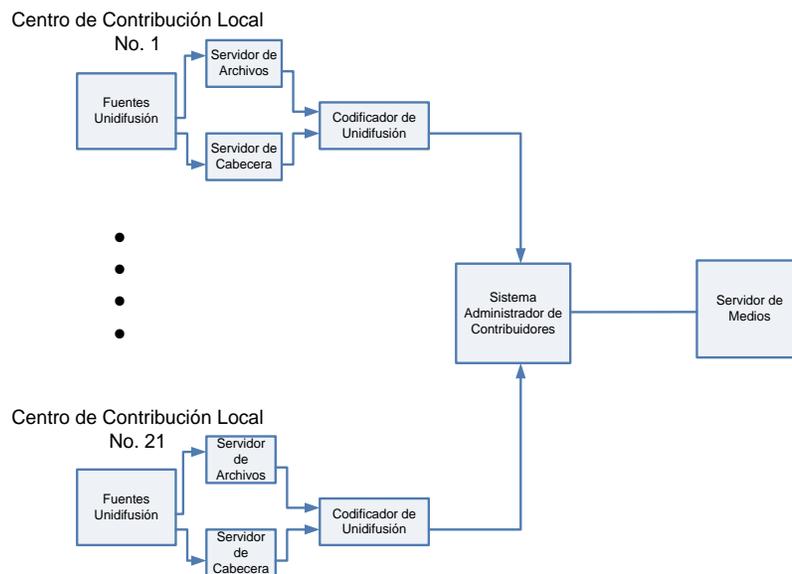
Fuente: elaboración propia, con programas Photoshop y Google Earth.

La unidifusión es realizada desde cada centro de contribución como un video bajo demanda realizado por el Servidor que administra la recepción de contenido de los 21 centros. Como ya se ha indicado la opción más económica para conectar las señal de cada uno de los 21 centros de contribución es la de llevar la seña hasta una conexión de fibra óptica que pueda proveer una empresa de telefonía, tal como se muestra en la

figura 80. Luego de que la señal es entregada al proveedor de servicio de red la señal será llevada hasta los estudios de DTV con una conexión de fibra óptica para que se pueda manejar simultáneamente la recolección de la señal de varios centros de contribución local.

En la figura 81, se muestran los servidores necesarios para el manejo de la señal de televisión en forma de tren de pulsos desde los distintos centros de contribución hasta la estación de televisión que conforman la red. Las fuentes de unidifusión pueden ser lectores de soportes, ópticos, magnéticos o de estado sólido, esta señal es archivada en el servidor de archivos así como al servidor de cabecera para el manejo inmediato con el administrador de la red.

Figura 81. **Servidores de la red de centros de contribución local**



Fuente: elaboración propia, con programas Photoshop y Google Earth.

En sustitución del administrador de los abonados en la estructura normal de IPTV se tiene un administrador que controla los flujos y la información que se puede recibir de

los distintos centros de contribución hasta los servidores de medios que hay en la estación de televisión. El servidor de medios puede ser una configuración con los servidores necesarios que se indicaron en el capítulo 5 y con arreglos de discos duros que conformen un servidor de archivos, dependerá del flujo de trabajo o de información a través de la red.

## **6.2. Ubicación de los centros de contribución local**

De una manera similar a la idea de cubrir la mayor parte posible de la República con la red de repetidoras de televisión digital terrestres se pretende con el acceso a la televisión de entretenimiento y educación a través de habilitar un punto de ingreso con los centros de contribución a instalarse en las 21 cabeceras departamentales, excluyendo Guatemala, así como unos cuatro centros más para dar cobertura a las comunidades Mayas K'iche', Mam, Kaqchikel y Q'eqchi' que representa un alto porcentaje de los maya hablantes, aunque estas mismas áreas coinciden con cabeceras departamentales, las maneras de producción y el contenido pueden ser muy distintos que pueda ser más conveniente la inclusión de los cuatro centros ya mencionados.

### **6.2.1. Por número de habitantes de la población**

En la tabla LXVI. se muestran los datos de población y extensión territorial de los 22 departamentos que conforman la República de Guatemala, pero sin tomar en cuenta Guatemala para la instalación de un centro de contribución local puesto que la cobertura se hace desde los estudios de televisión digital. El número de habitantes justifica la inclusión de un centro de contribución, puesto que es un mercado de la televisión y que la economía de la cabecera podría posibilitar la fibra óptica en la cabecera departamental.

Tabla LXVI. **Datos de población y extensión territorial de los departamentos de Guatemala**

No.	Departamento	Población [Habitantes]	Extensión Territorial [Hectáreas]
1	Alta Verapaz	1,078,942	1,071,593.9
2	Baja Verapaz	264,019	292,047.9
3	Chimaltenango	595,769	186,533.0
4	Chiquimula	362,826	241,010.5
5	El Petén	613,693	3,597,711.9
6	El Progreso	155,596	183,865.1
7	Quiché	921,390	728,322.0
8	Escuintla	685,830	450,788.7
9	Guatemala	3,103,685	219,376.1
10	Huehuetenango	1,114,389	726,251.8
11	Izabal	403,256	751,934.1 km <sup>2</sup>
12	Jalapa	309,908	203,439.1
13	Jutiapa	428,462	332,419.0
14	Quetzaltenango	771,674	213,369.1
15	Retalhuleu	297,385	170,055.9
16	Sacatepéquez	310,037	53,713.7
17	San Marcos	995,742	355,169.7
18	Santa Rosa	340,381	316,420.4
19	Sololá	424,068	104,266.6
20	Suchitepéquez	504,267	239,418.1
21	Totonicapán	461,838	107,699.6
22	Zacapa	218,510	270,769.4

Fuente: Instituto Nacional de Estadística –INE- IV Censo Nacional Agropecuario 2000.

### 6.2.2. **Por comunidad lingüística**

Con el reconocimiento que se ha hecho de la diversidad cultural existente en Guatemala, se plantea la inclusión de cuatro centros de contribución más que corresponden a los cuatro idiomas mayas mayoritarios y que tienen una cobertura del 81% de la población maya. El otro 19% que está dividido en 18 idiomas más podrá aprovechar los centros más cercanos para aportar su escasa producción audiovisual, por tener un mercado más pequeño, en el supuesto de que será una producción costosa y que

la fibra óptica será muy difícil tenerlas muy cerca de estas comunidades Lingüísticas. En la tabla LXVII se muestran las estadísticas del número de hablantes de los idiomas mayas mayoritarios.

Tabla LXVII. **Número de hablantes de los idiomas mayas mayoritarios**

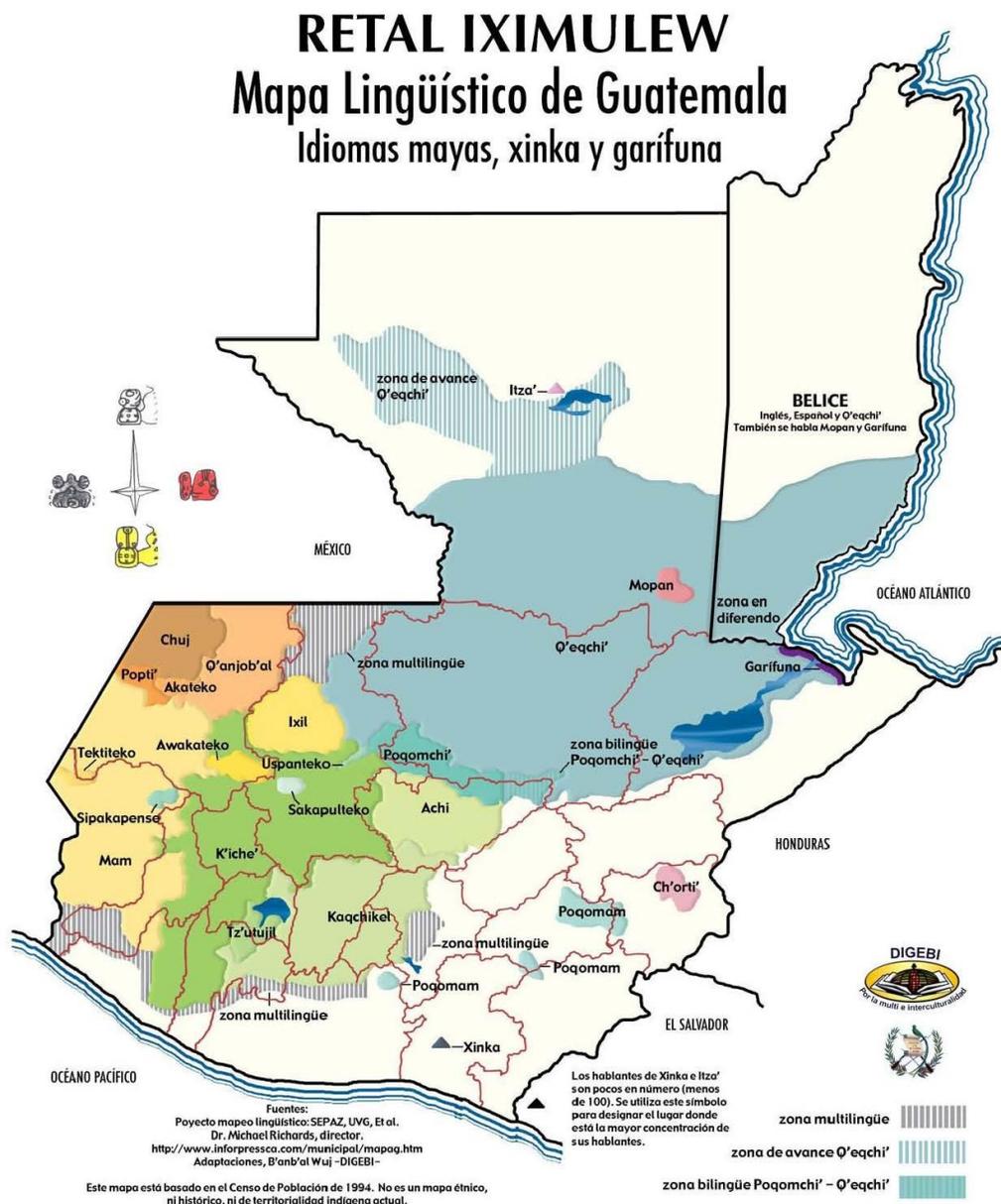
No.	Comunidad Lingüística maya hablante	Población hablante
1	K'iche'	647,624
2	Mam	346,548
3	Kaqchikel	343,038
4	Q'eqchi'	473,749

Publicación UNICEF-ALMG. De 1950 a 1995.

Los datos podrán no ser recientes, pero no existe certeza de los escasos estudios que se han hecho por parte del INE, instituciones privadas y del Estado, por lo que bastará con decir que la situación de los idiomas mayoritarios que se habla por parte del 81% de todos los maya hablantes no ha cambiado, quizás hayan disminuido o aumentado pero son los cuatro idiomas que más se utilizan. Por lo que centros de contribución para estas áreas pueden considerarse tomando en cuenta un mapa publicado en la página de la DIGEBI del Ministerio de Educación. La figura 82 contiene un mapa para identificar las áreas de interés así como la división política tradicional de la República con los 22 departamentos que son los planteados inicialmente.

De una manera ambiciosa se puede aspirar a tener un canal de televisión digital terrestre que cubra las áreas culturales mayas que aunque puede considerarse inviable económicamente y que pueda dividir o atrasar más a las poblaciones puede contribuir de igual manera a la educación y al rescate de valores ancestrales sin olvidar que se debe integrar al mundo globalizado, de igual manera el poder manejar este tipo de tecnología y comunicación en la diversidad es solo para países desarrollados, por lo que no deberá dejar de considerarse.

Figura 82. Mapa lingüístico de Guatemala



Fuente: Dr. RICHARD, Michael- Proyecto Mapeo Lingüístico. SEPAZ. UVG, Et al.



## CONCLUSIONES

1. La televisión digital es más eficiente que la televisión analógica debido a la compresión y corrección de errores tanto para MPEG-2 como para MPEG-4, también para los tipos de modulación digital en general haciendo la señal más resistente contra el ruido y mejorando el uso del ancho de banda.
2. Los parámetros más importantes de una antena para estación terrena son, la ganancia, la abertura del haz y los lóbulos laterales, mientras que las pérdidas atmosféricas en el enlace son insignificantes en la banda C y notorias en la banda Ku puesto que tienen efecto después de los 10 GHz.
3. La estación terrena satelital debe utilizarse para la distribución de la señal a todos los sitio de repetidoras así como a todos los cableoperadores dentro y fuera del país debido a la cobertura continental del satélite.
4. La IPTV es el envío de audio y video en forma de datos utilizando el Protocolo de Internet y puede hacerse por medio de redes públicas o privadas, logrando transmisiones en directo debido al ancho de banda manejado así como en diferido a un solo punto o a varios puntos.
5. Frente a la escasés del espectro radio eléctrico para Guatemala y para cualquier país en la etapa de la transición de la televisión analógica a la digital, la mejor opción para implementar una red de repetidoras de televisión digital terrestre es la de una Red de frecuencia única (SNF), que asigna una sólo frecuencia a cada canal en vez de dos como sucede con la televisión analógica de Guatemala.

6. La página en internet de la FCC es una gran herramienta para determinar los parámetros ASTP (HAAT), PER, Distancia de Contorno e Intensidad de Campo del sistema ATSC, que son fundamentales en el diseño de la red de repetidoras de televisión digital terrestre.
7. La potencia de los transmisores para televisión digital son del orden de las décimas de potencia de los tradicionales transmisores de televisión analógica. El piloto de una portadora de televisión digital consume solo 0,3 dB o lo que es lo mismo un 7% de la potencia total transmitida; así mismo la sincronización de todos los transmisores y la utilización de Ecuilibradores Adaptivos en los receptores permiten el manejo de la interferencia cocanal y la interferencia interna de canales adyacentes asignados en el espectro.
8. Los accidentes geográficos de Guatemala requieren el uso de por lo menos 26 sitios de repetidoras para televisión digital terrestre, explotando los sitios de repetidoras de televisión analógica existente, por medio de actualizaciones o adaptaciones de la torre, edificio e instalación eléctrica; de igual manera instalando nuevas repetidoras para poblaciones que, según proyecciones del INE, en el 2010 han superado los 100 mil habitantes, por lo que son candidatos perfectos para la instalación de una repetidora de televisión digital terrestre.
9. Las dimensiones de las antenas en la banda de UHF son menores y se logran mayores ganancias que en VHF, tal como se hizo el ejercicio con el canal 19 como frecuencia asignada a canal 3. De igual manera el consumo de energía eléctrica es menor en digital, porque los transmisores a utilizarse son de menor PER y la intensidad de campo requerida para digital es menor que en analógico.

10. La red de contribuciones locales por IPTV para Guatemala requiere la implementación de servidores en las 26 terminales de ingesta como en la central que utilizaran servidores de medios para su funcionamiento.
11. La utilización de la fibra óptica así como el cobre en VDSL es indispensable para conformar una red que demanda un ancho de banda amplio para interconectar a los 26 centros con la cabecera.
12. Por la necesidad de conexión con fibra óptica para los centros de contribución local por IPTV, los mismos deberán ser instalados en las 21 cabeceras departamentales. Además deben contemplarse otros cinco más para las poblaciones de los K'iche', Q'eqchi', Mam, Kaqchikel y Garífunas para tener medios de comunicación más incluyentes que reflejen de mejor manera la realidad de la sociedad guatemalteca. En la ciudad capital se instalará un servidor de medios que administrará la captación y reproducción de los contenidos, para que posteriormente se alimente a la televisión digital.



## RECOMENDACIONES

1. La estación terrena satelital deberá tener una antena pequeña de cinco metros de diámetro, alimentada por el foco central, sólida, con un montaje de antena AZ/EL que deben estar libres de vibraciones de vehículos y de obstrucción de árboles o edificios hacia la dirección del satélite, de preferencia que no se instale sobre el techo del edificio, que es donde más interferencia de otras señales se hacen presente.
2. La estación terrena satelital puede ser instalada por personal del canal pero el apuntamiento y los ajustes finales deben hacerse por personal de la empresa que brindará el segmento satelital para obtener una certificación que garantice que no se interfiere con otra portadora. De preferencia no utilizar la banda C extendida porque puede haber mucha interferencia.
3. Durante la etapa de transición de NTSC a ATSC se deberá utilizar el mismo sistema de enlace satelital, únicamente instalando ADCs en cada sitio que pase de analógico a digital, incluso *up converters* en el caso en que se tenga una red en HD con la producción en SD; esto evitará la inversión para actualizar equipo en la Estación Terrena simultáneamente con la implementación de Red de TDT, enfocando los recursos únicamente a los *up converters* de cada sitio.
4. Cambiar el sistema de digitalización para pasar del MPEG-2 al MPEG-4 logrando una mejor calidad de la imagen y aprovechamiento del ancho de banda, mientras los contenidos van progresado en cantidad a *High Definition*, puesto que requerirá el cambio de IRDs en los sitios de repetición.

5. En el sitio de cada repetidora, el nivel de señal de recepción de enlace satelital deberá tener un valor mínimo de *S/N margin* de 3dB. Para garantizar la continuidad de la señal, evitando la pixelación del video y el corte del audio en toda la red de repetidoras de televisión digital terrena.
6. Debido a las pérdidas atmosféricas y los efectos de la lluvia utilizar la Banda C más que la Banda Ku y cerciorase que la vida útil del satélite tenga un buen margen para no tener que mover la portadora a otro satélite antes de tiempo.
7. Además de conocer el funcionamiento del IPTV investigar el funcionamiento, de envío de *clips* video por *yousendit*, o alguna otra página que brinde el servicio, y principalmente explotar las redes FTP para dicha Red de Contribución Local.
8. El desarrollo del presente trabajo de graduación se hace en el supuesto de que es el estándar ATSC el que se utiliza para Guatemala, porque lamentablemente la SIT no se ha pronunciado de manera clara en cuanto al estándar que se utilizará para el país y ahora ya no se debe tomar en cuenta sólo los estándares ATSC, DVD-T y ISDB-T además se debe considerar el desarrollado por Brasil, por lo que la SIT debería de asumir un papel más protagónico para definir el estándar adecuado para Guatemala y no seguir retrasando un cambio que requerirá recursos desde la televisión, la población y el Estado.
9. Un canal de televisión debe coordinar los canales analógicos y digitales que posean así como con canales que sean competencia, para evitar la interferencia de las transmisiones de analógico en digital, pero fundamentalmente las de interferencia de digital en analógico.

10. La cantidad y ubicación de repetidoras deben responder a las necesidades de cobertura, los recursos instalados, los costos de implementación y mantenimiento así como la coordinación con otros canales, incluso de la competencia, para evitar interferencia de canales adyacentes de analógico a digital y viceversa, en las figuras de cada repetidora analógica se marcaron circunferencias de radio de 5 kms para encerrar el área permisible para la instalación de una repetidora de televisión digital terrestre para evitar la interferencia de canales adyacentes.
11. Los centros de contribución local por IPTV deberán instalarse en las cabeceras departamentales debido a que requieren edificio con ambientes básicos para el equipo y para las personas, instalación eléctrica regulada y con energía de reserva por medio un UPS, conexión a internet de banda ancha por medio de cobre en VDSL o fibra óptica; el equipo para la digitalización y envío está conformado por los servidores de cabecera, de archivos, con codificación en MPEG-4.
12. El área de servidores de los centros de contribución local deberá contar también con unidades reproductoras de soporte en discos ópticos, cintas magnéticas como VHS, DV, Umatic o Betacam y memorias de estado sólido para la ingesta y digitalización del material a la red IPTV en cualquier formato que se obtenga.
13. En la red de contribuciones locales por IPTV utilizar para programas superiores a 30 minutos y previamente a implementación de la misma se podrían aplicar redes de FTP para enviar notas inferiores a 5 minutos para que sean transmitidos dentro de determinado programa.

14. Para que la red de centros de contribución pueda funcionar para la concepción original del IPTV y que los canales puedan realizar envíos de contenidos locales por unidifusión, multidifusión y masivadifusión, todo el material debe estar almacenado en los servidores y debe estar asociada con alguna empresa de telefonía.

## BIBLIOGRAFÍA

1. BAYLIN, Frank. *World Satellite Yearly*; Atlanta: PanamSat, 1996. T-17 p.
2. Grounding Technologie. *Puesta a tierra para sistemas eléctricos de CA*. Washington, D.C.: Grounding Technologies. 2006. 47 p.
3. Intelsat Global Sales & Marketing, *Grupo de aplicaciones y capacitación de Tecnología de Estaciones Terrenas*. Washington, DC: Intelsat, 1999. 182 p.
4. HELD, Gilbert. *Understanding IPTV*. [CD-ROM]. Boca Ratón, Florida: Euerbach Publications, 2007. 110 p.
5. SIMONETTA, José. *Televisión digital avanzada*. Buenos Aires, Argentina: Intertel, 2002. 435 p.