



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“ANÁLISIS PARA BRINDAR EL SERVICIO DE TELEVISIÓN
DIGITAL TERRESTRE DIRIGIDO A LOS HABITANTES DE LA
ZONA URBANA CÉNTRICA DE LA CIUDAD DE BABAHOYO,
PROVINCIA DE LOS RÍOS”

INFORME DE MATERIA INTEGRADORA

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

WELLINGTON GEOVANNY CRESPO RIZZO

LUIS EDUARDO TORRES MONTALEZA

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2016

AGRADECIMIENTOS

Agradecido Con Dios por haberme dado la salud necesaria para haber podido concluir mi carrera, mi madre Gladys, mi padre Wellington, mis tíos, mis abuelos toda mi familia, sin ellos no creo que esto hubiera sido posible.

Wellington Geovanny Crespo Rizzo

Agradezco a Dios por permitirme llegar a culminar esta etapa de mi vida, a mi madre y hermana que son los pilares fundamentales para este gran logro y éxito en mi vida. Agradezco a mis familiares, amigos y profesores ya que fueron un gran apoyo para poder formarme como un profesional con excelentes conocimientos y valores.

Luis Eduardo Torres Montaleza

DEDICATORIA

Dedico de forma muy especial este trabajo a mi hermano Carlos que donde sea que él esté de seguro se sentiría muy orgulloso de esta etapa profesional que he concluido.

Wellington Geovanny Crespo Rizzo.

Dedico este proyecto a mi madre y mi hermana por ser mi inspiración cada día y poder lograr el objetivo de ser un profesional. A mi familia, mi novia y amigos que pudieron ayudarme y aconsejarme en cada paso de este gran camino y realización de este proyecto. Y una dedicatoria especial para mi padre que estoy seguro que se sentirá orgulloso de mí desde allá arriba.

Luis Eduardo Torres Montaleza

TRIBUNAL DE EVALUACIÓN

.....
Ing. Edison Del Rosario

PROFESOR EVALUADOR

.....
M.Sc. Cesar Yépez

PROFESOR EVALUADOR

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

.....
Wellington Geovanny Crespo Rizzo

.....
Luis Eduardo Torres Montaleza

RESUMEN

El presente proyecto realiza un estudio para ofrecer el servicio de televisión digital terrestre (TDT), de audio y video por suscripción, en la zona urbana céntrica de la ciudad de Babahoyo, capital de la provincia de Los Ríos, donde existe sólo una operadora de televisión por cable de tipo analógica y con calidad de servicio baja. Como punto de partida, el proyecto busca ofrecer una alternativa al servicio de la televisión pagada, cumpliendo y respetando todas las normas de calidad y por supuesto las diferentes regulaciones que rigen en el Ecuador. La zona urbana céntrica de Babahoyo tiene 6000 clientes potenciales entre hogares, negocios privados y hoteles, de los cuales se pretende obtener al menos 1320 clientes.

La nueva red para distribuir el servicio de televisión digital es tipo híbrida: de fibra óptica y cable coaxial, más conocida como HFC (Hybrid Fibre Coaxial); esta tecnología permite el acceso a la televisión digital, al internet y telefonía, por lo que es de carácter bidireccional. La topología HFC se pueden dividir en dos partes: la primera consiste en conectar al abonado por medio de cable coaxial a un nodo zonal y la segunda interconecta varios nodos a una cabecera usando fibra óptica. La fibra aporta la ventaja de cubrir distancias razonablemente largas con un mínimo de amplificación y el cable coaxial permite que la señal se extraiga y se inserte con una mínima interferencia a cualquier cliente o equipo. Los principales elementos HFC desde la cabecera hacia el cliente son: Cabecera, Red Troncal (fibra óptica), Red de Distribución (cable coaxial), Red de Acometida y el Equipo de Abonado.

Este diseño se realiza como primera fase en una zona relativamente pequeña pero con el potencial de expansión. Se decidió ubicar la cabecera en un lugar equidistante a los puntos extremos de la zona de estudio, se sectorizó la zona en dos partes y a su vez cada zona se segmentó en cuatro áreas; que para su cobertura se usarán dos nodos ópticos.

Para analizar la viabilidad económica se proyectaron para un período de 5 años, los ingresos, costos e inversiones resultado del diseño del proyecto, obteniendo un escenario para flujo de caja. Como resultado, se tiene que: el valor actual neto es de

\$ 26.645,09 y la tasa interna de retorno del 14% que nos permite concluir que es posible realizar el proyecto sin mayores inconvenientes.

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN.....	iv
DECLARACIÓN EXPRESA.....	v
RESUMEN.....	vi
INDICE GENERAL.....	viii
INDICE DE TABLAS.....	x
INDICE DE FIGURAS.....	xi
CAPITULO 1.....	1
1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	1
1.1. Objetivo General.....	1
1.2. Objetivos Específicos.....	1
1.3. Antecedentes.....	1
1.4. Justificación.....	6
1.5. Alcance.....	8
1.6. Ingresos Proyectados.....	9
CAPITULO 2.....	11
2. TELEVISIÓN DIGITAL.....	11
2.1. Arquitectura de una red HFC.....	11
2.1.1. Cabecera.....	12
2.1.2. Red troncal.....	17
2.1.3. Red de distribución.....	19
2.1.4. Acometida.....	23
2.2. Medios de transmisión.....	26
2.2.1. Fibra óptica.....	26
2.2.2. Cable coaxial.....	31
2.3. Bidireccionalidad.....	34
2.3.1. Canal de bajada. downstream. señal descendente.....	34
2.3.2. Canal de subida. upstream. señal ascendente.....	36
2.4. Bandas Ku y C.....	37

CAPITULO 3.....	39
3. DISEÑO.....	39
3.1. Diseño de la red HFC.....	40
3.1.1. Planificación.....	40
3.1.2. Ubicación.....	41
3.1.3. Cabecera.....	42
3.1.4. Red troncal.....	45
3.1.5. Red de distribución.....	50
3.1.6. Acometida.....	53
3.1.7. Equipo terminal.....	54
CAPITULO 4.....	55
4. ANÁLISIS FINANCIERO.....	55
4.1. Inversión.....	55
4.2. Ingresos.....	57
4.3. Costos.....	60
4.4. Flujo de caja.....	62
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	64
BIBLIOGRAFÍA.....	65
ANEXOS	68

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Participación de la actividad económica	2
Tabla 2: Resumen del número de suscriptores servicio de audio y video.....	5
Tabla 3: proyección de ingresos.....	10
Tabla 4: Resoluciones en televisión digital [10].	15
Tabla 5: Recomendaciones de la UIT-T referentes a la fibra monomodo [17]	29
Tabla 6: Pérdida de retorno por las terminaciones [19]	34
Tabla 7: Características de la Fibra óptica tipo monomodo G.652	47
Tabla 8: Distribución de taps por área.....	53
Tabla 9: Valores de los equipos usados en la red HFC	57
Tabla 10: Valores del personal para la Montar la Red de Distribución.....	57
Tabla 11: Ingreso Netos	59
Tabla 12: Valores por costos de mantenimiento.....	60
Tabla 13: Utensilios Básicos.	61
Tabla 14: Costos totales.....	61
Tabla 15: Flujo de caja.	63

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Población ocupada por rama de actividad	2
Figura 1.2: Porcentaje de tenencia de televisores a nivel nacional.	3
Figura 1.3: Porcentaje de tenencia de televisores a nivel nacional.	4
Figura 1.4: Alcance de cobertura del proyecto	9
Figura 2.1: Esquema general de una red HFC [8].....	12
Figura 2.2: Multiplexor TMX-2010 [11]	15
Figura 2.3: Chasis Omnistar GX2 [13]	17
Figura 2.4: Esquema del sistema de fibra óptica en la red troncal	19
Figura 2.5: Nodo óptico Motorola SG2000 [14]	19
Figura 2.6: Comportamiento de la señal durante varias etapas del amplificador [14].	21
Figura 2.7: Configuración típica de un amplificador de distribución [15].....	21
Figura 2.8: Configuración típica de un extensor de línea [15].....	22
Figura 2.9: Construcción típica de un cable coaxial de la acometida [15]	24
Figura 2.10: Perdida de cables de acometida versus frecuencia [15].....	25
Figura 2.11: Tipos y estructura de la fibra óptica [16].....	27
Figura 3.1: Delimitación de la cobertura de nuestro proyecto.....	42
Figura 3.2: Ubicación de la cabecera de la red HFC.....	43
Figura 3.3: Modelo interno de la cabecera de una red HFC.....	43
Figura 3.4: Topología estrella de la red troncal en una red HFC [15]	46
Figura 3.5: División de sectores de la red troncal.....	47
Figura 3.6: Ubicación de los nodos ópticos de la red troncal	48
Figura 3.7: Diagrama de la red Troncal.....	49
Figura 3.8: Curva de atenuación de la fibra	49
Figura 3.9: Topología red de distribución [16].	51
Figura 3.10: División en áreas de los dos Sectores.	51
Figura 3.11: Distribución del cable coaxial en el área 1.	52
Figura 3.12 Topología acometida [15].....	54

CAPITULO 1

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

1.1. Objetivo General.

Diseñar una red para brindar el servicio de televisión digital, de audio y video por suscripción, en la zona urbana céntrica en la ciudad de Babahoyo, como una alternativa que permita expandir su cobertura y servicios de valor agregado en futuro, cumpliendo y respetando todas las normas de calidad y por supuesto las diferentes regulaciones que rigen en el Ecuador.

Inicialmente se busca atender al menos 1320 clientes de un total de 6000 clientes potenciales entre hogares, negocios privados y hoteles de la zona céntrica.

1.2. Objetivos Específicos.

- Diseñar una red de telecomunicaciones para brindar el servicio de televisión pagada con el potencial de brindar internet, aportando a reducir la brecha digital.
- Elaborar un estudio económico que permita evaluar lo viable de prestar el servicio, en el área de interés, diferenciando los clientes por segmentos y áreas.
- Incluir en el análisis los requerimientos para la implementación del servicio de televisión digital basándose en estándares y leyes establecidas en el país.

1.3. Antecedentes

Según datos del INEC, el cantón Babahoyo de la provincia de Los Ríos se encuentra en la Zona 5 de Planificación; cuenta con 5 parroquias y representa el 15.1% del territorio de la provincia (aproximadamente 1.1 mil Kilómetros cuadrados). Su población es de 153.8 mil hab. (19.8% de la provincia) donde

la población urbana representa el 58.7%, con población económicamente activa de 49.0% [1].

Las actividades económicas son principalmente: agricultura, ganadería (37.8%) y comercio (18.1%), además de otras que se encuentran en etapa de desarrollo como se observa en la figura 1.1.



Figura 1.1: Población ocupada por rama de actividad
Fuente: INEC – censo de población y vivienda 2010 [1]

En la tabla 1 podemos observar otros datos importantes como la cantidad de establecimientos económicos, ingreso por ventas y personal ocupado.

Establecimientos económicos:	4.1 mil establecimientos	22.8% de la provincia de Los Ríos.
Ingreso por Ventas:	587 millones	30.9% de la Provincia de Los Ríos.
Personal Ocupado:	16.9 mil personas	28.5% de la provincia de Los Ríos.

Tabla 1: Participación de la actividad económica
Fuente: INEC – censo económico 2010 [1]

De acuerdo con las estadísticas de Tecnologías de Información y Comunicación (TIC's) del Ecuador correspondientes al año 2010, con datos

del INEC y datos de registros administrativos provenientes del Ministerio de Telecomunicaciones, se obtuvieron resultados que son de gran interés para nuestro proyecto tales como los índices de tenencia de televisores.

A continuación en la figura. 1.2 se observa el porcentaje a nivel nacional de la tenencia de televisores desde el año 2008 al 2010, en donde es notable el incremento de televisores en los hogares ecuatorianos.

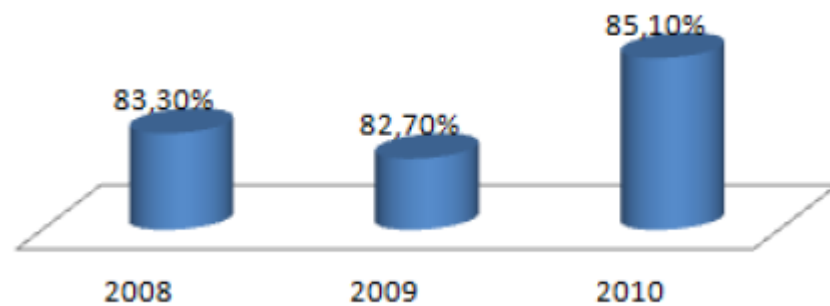


Figura 1.2: Porcentaje de tenencia de televisores a nivel nacional.
Fuente: INEC [2]

Por otro lado en la figura. 1.3 se muestran los porcentajes de tenencia de televisores por provincia en el año 2010, donde se indica que en la provincia de Los Ríos dicho porcentaje es de 88.70%

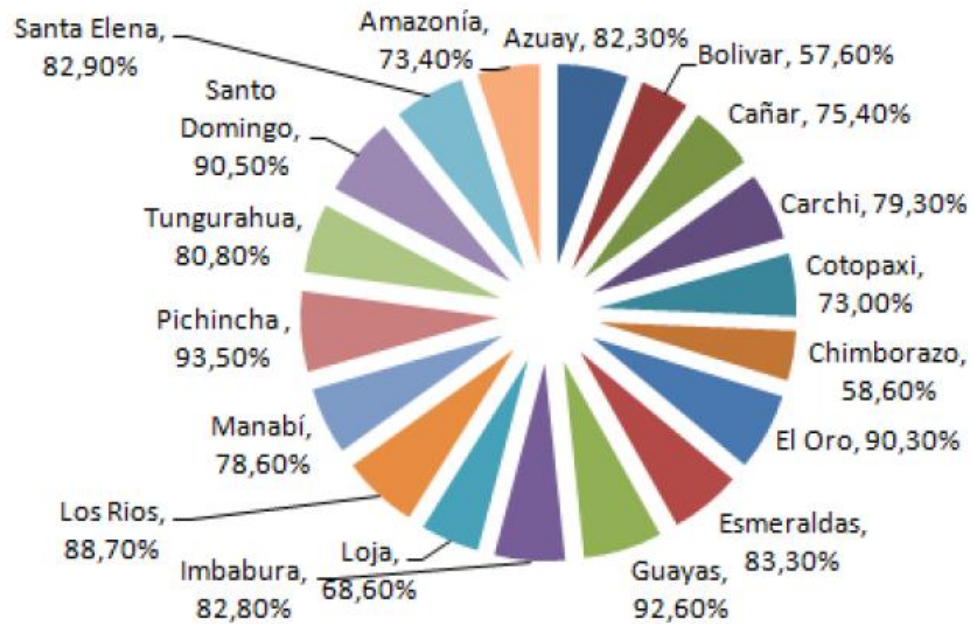


Figura 1.3: Porcentaje de tenencia de televisores a nivel nacional.
Fuente: INEC [2]

En el Ecuador, la Superintendencia de telecomunicaciones es el ente encargado de vigilar, auditar, intervenir y controlar la prestación de servicios de telecomunicaciones, radiodifusión, televisión y el uso del espectro radioeléctrico. En su página web ofrece mes a mes una serie de datos públicos, entre ellos el número total de estaciones autorizadas y usuarios de los servicios de audio y video por suscripción, resumidos en la tabla 2:

#	Servicios de audio y video por suscripción	N° de estaciones autorizadas	N° suscriptores
1	Televisión codificada satelital	2	90,955
2	Televisión codificada terrestre	21	51,585
3	Televisión por cable	242	315,621

Total suscriptores televisión pagada	265	458,161
---	-----	---------

**Tabla 2: Resumen del número de suscriptores servicio de audio y video.
Fuente: superintendencia de telecomunicaciones [3]**

En la ciudad de Babahoyo es una de las ciudades más pobladas de la provincia de Los Ríos, cuenta con 153.8 mil habitantes, donde el 58.7% pertenecen a la zona urbana, (INEC - 2010), no ha contado con televisión local de calidad; existieron tres estaciones de Televisión analógica “TV Agro”, “C6Television” y “TeleRíos”, pero por mala administración, muy mala calidad de programación (contenido) y hasta supuestos funcionamientos clandestinos, fueron allanados y dejados fuera de funcionamiento por la SUPERTEL según registran los diarios locales .[4]

Como consecuencia a estos problemas en la televisión abierta local, los ciudadanos se han visto atraídos y sin otra opción a contratar paquetes pagados de Televisión por Cable o Satelital, para tener como informarse y entretenerse.

La televisión satelital en parte ha sido una opción para los clientes, dada la situación se convirtió en una salida no tan barata pero bastante surtida a la hora de elegir entre diferentes proveedores, que de una u otra manera ha podido parcialmente solucionar la problemática.

Por otro lado, en la zona urbana de la ciudad, la zona céntrica más que todo, tiene la opción de adquirir el servicio de TV por cable experimentando varios problemas que al no haber otra alternativa, han tenido más que resignarse.

Al año 2016, se encuentra en vigencia el “Plan Maestro de Transición a la Televisión Digital Terrestre en el Ecuador”, iniciado en el 2012. Según este plan la terminación de las transmisiones analógicas tiene lugar de acuerdo a cronogramas, estando en ejecución la “Fase 1”. La ciudad de Babahoyo se encuentra incluida en la “Fase 3” de este cronograma al ser una ciudad con población menor a 200.000 habitantes, teniendo como límite el 31 de diciembre del 2018. A este cronograma se ha llamado “Apagón Analógico” [5].

Estos son límites cronológicos afectan a los actuales concesionarios de televisión analógica, pero como se mencionó anteriormente la ciudad de Babahoyo en estos momentos no consta con transmisiones analógicas locales.

Muchas de las estaciones en pueblos pequeños como Babahoyo, tienen una red basada únicamente en cable coaxial. Las empresas con más suscriptores han visto la necesidad de migrar a redes híbridas y algunas de ellas, como TVCable están en pleno proceso de adecuar todas sus redes híbridas para soportar señales digitales.

TeleCable y TVMax fueron las primeras empresas registradas como proveedores de los servicios de audio y video por suscripción, en el año 1985. Luego estas dos empresas se fusionan creando TVCable, quien logra el posicionamiento de este nuevo servicio tanto en Quito y Guayaquil.

Las nuevas tecnologías para televisión junto a la fibra óptica y la digitalización de las señales agilitó la transmisión de voz y datos, lo que significa tener capacidad para ofrecer tanto televisión, telefonía e internet, conocido como "Triple Play" usando como infraestructura una única red.

1.4. Justificación.

Las técnicas de modulación, codificación y compresión digital dan ventajas sobre otras formas de televisión en especial ante la analógica unas de ellas son:

- **Mejor aprovechamiento del ancho de banda:** Los canales de televisión analógicos permiten solamente programación en los 6 MHz que este ocupa. Gracias a la codificación digital, se puede transmitir entre 6 a 2 programas dependiendo de la calidad de las imágenes en el mismo canal de 6 MHz.

- Calidad de audio y video: Las señales digitales no se ven tan afectadas por el ruido e interferencia, por lo que se puede transmitir imágenes con mayor resolución y audio de mejor calidad.
- Más emisiones de televisión: gracias a la característica de aprovechamiento del ancho de banda, la televisión digital permite mayor cantidad de señales en el mismo canal de 6 MHz.

En el capítulo 2 del “PLAN MAESTRO DE TRANSICIÓN A LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE EN EL ECUADOR” que trata de la implementación de este sistema en el subcapítulo 2.1 nos habla del “MARCO LEGAL Y REGULATORIO” el cual nos dice:

Para la implementación de la televisión digital terrestre, se enmarcará en las leyes y reglamentos vigentes, y de ser el caso se propondrán medidas de carácter normativo y regulatorio. Considerando pero no limitándose a las siguientes:

- Autorizaciones y concesiones de frecuencias de carácter temporal y definitivo.
- Norma técnica de operación de sistemas de televisión digital terrestre.
- Requerimientos mínimos para equipos de recepción.
- Compartición de infraestructura.

Teniendo como antecedentes los objetivos de la Ley Nacional de Telecomunicaciones podemos citar:

- Promover el despliegue de redes e infraestructura de telecomunicaciones, que incluyen audio y vídeo por suscripción y similares, bajo el cumplimiento de normas técnicas, políticas nacionales y regulación de ámbito nacional, relacionadas con ordenamiento de redes, soterramiento y mimetización [6].

Y como éste informe se basa en análisis para brindar el servicio de televisión digital es imperativo presentar en que reglamentos se basa el otorgamiento para nuevas concesiones, que con detalles lo dice en el subtema 2.3.2 del mismo PLAN dice lo siguiente:

Las concesiones de televisión digital para solicitantes que al momento no cuenten con concesiones analógicas en una zona determinada se realizarán de acuerdo con la normativa del punto 2.1 de este Plan, siempre y cuando exista disponibilidad de frecuencias en la zona respectiva.

1.5. Alcance.

El propósito de nuestro proyecto es proporcionar el servicio Televisión Digital de audio y video por suscripción a cierta parte de la población de la ciudad de Babahoyo, aquel sector donde se palpa el comercio y la vida en familia a la vez, la zona urbana céntrica de la ciudad de Babahoyo es una zona altamente activa y comercial a la vez. Se ubica entonces como la zona de estudio principal debido a que un gran porcentaje de negocios y grupos familiares hacen uso del servicio de televisión por cable, un servicio que lleva muchos años en la zona urbana de la ciudad de Babahoyo pero con una calidad de servicio baja.

En primera instancia el servicio que se desea brindar es Televisión Digital de audio y video por suscripción.

En cuanto al alcance de cobertura sobre el cual se va a basar nuestro estudio mostramos la figura. 1.4 que está delimitada por las siguientes calles: Av. 9 de Noviembre, desde la posición 1 a la posición 2, con – Av. Malecón “9 de Octubre”, desde la posición 4 a la posición 1, – 27 de Mayo, desde la posición 3 a la posición 4, – Av. Juan X Marcos, desde la posición 2 a la posición 3. La unión de estas cuatro posiciones forman un perímetro de 2.94 Km

Teniendo como coordenadas geográficas de cada posición las siguientes:

Posición 1: Latitud: 1°47'59.52"S, Longitud: 79°32'21.26"O

Posición 2: Latitud: 1°48'13.89"S, Longitud: 79°32'15.58"O

Posición 3: Latitud: 1°48'3.15"S, Longitud: 79°31'45.26"O

Posición 4: Latitud: 1°47'48.76"S, Longitud: 79°31'50.58"O

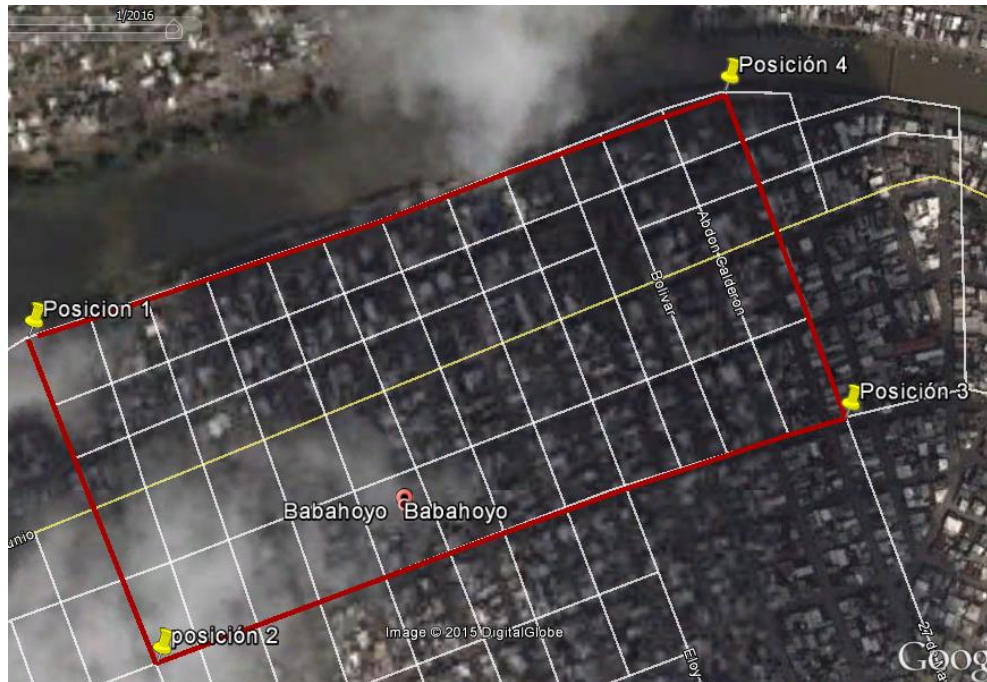


Figura 1.4: Alcance de cobertura del proyecto
Fuente: Google Earth.

1.6. Ingresos Proyectados

El presente proyecto pretende determinar la factibilidad de poder brindar el servicio de televisión Digital Terrestre, de audio y video por suscripción, en la zona urbana céntrica de la ciudad de Babahoyo. El proyecto estudia la posibilidad de poder brindar televisión digital haciendo uso de tecnologías de fácil acceso. El estudio en primera instancia se dirige a los hogares de esta zona de la ciudad. Según Datos de la CNEI en nuestro sector de estudio existen aproximadamente 6000 abonados [7], lo que nos representaría aproximadamente 6000 potentes clientes que podrían hacer uso de nuestro servicio. Basándonos en este dato podemos mostrar en la tabla 3 la proyección de ingresos para nuestro proyecto haciendo uso de los 1320 clientes.

Usamos como referencia el precio más bajo del mercado en cuanto a paquetes de televisión digital.

PROYECCION DE INGRESOS					
	Años				
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Abonados	1320	1320	1320	1320	1320
Valor por abonado	\$ 15,00	\$ 15,00	\$ 15,00	\$ 15,00	\$ 15,00
Ingresos por abonados	\$ 237.600,00	\$ 237.600,00	\$ 237.600,00	\$ 237.600,00	\$ 237.600,00
Total de Ingresos					\$ 1.188.000,00

Tabla 3: proyección de ingresos

CAPITULO 2

2. TELEVISIÓN DIGITAL.

La Televisión Digital por Cable es el resultado de la aplicación de la tecnología digital a la señal de televisión, para luego distribuirla por medio de redes híbridas de fibra óptica y cable coaxial. Junto con la señal de Televisión Digital, a través de estas redes se proporcionan otros servicios como radio, telefonía fija y acceso a Internet.

La televisión por cable transmite por línea física señales de audio, video y datos, destinadas exclusivamente a un grupo particular privado de suscriptores o abonados del sistema, que disponen de receptores de estas señales. Está formado por la estación transmisora, la red de distribución por línea física, los decodificadores de ser el caso y los receptores de abonado.

2.1. Arquitectura de una red HFC.

Las Redes híbridas (HFC) combinan la velocidad, confiabilidad de la Fibra Óptica, para la transmisión de Datos, Imágenes y voz con alta fidelidad y flexibilidad de servicios la economía y ancho de banda del cable Coaxial. El estándar utilizado por las redes HFC que permite esta variedad de servicios es el estándar DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specifications), básicamente es un conjunto de protocolos de datos utilizados para el tratamiento de señales digitales adaptadas a las redes de cable.

Como se observa en la figura 2.1 una red HFC se divide en:

- Cabecera red o Headend
- Red troncal
- Red de distribución
- Acometida
- Equipos terminales

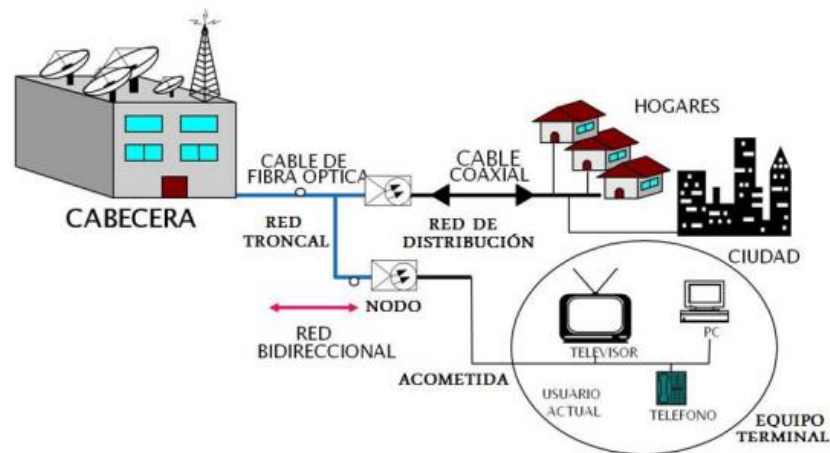


Figura 2.1: Esquema general de una red HFC [8]

2.1.1. Cabecera.

La cabecera es el centro desde el que se gobierna todo el sistema. Su complejidad depende de los servicios que ha de prestar la red.

El headend se encarga del procesamiento de señales, por ejemplo la multiplexación de las señales digitales de video, audio y datos que forman los canales de televisión digital para formar el flujo MPEG de transporte.

Además está encargada de monitorear el sistema, supervisar su correcto funcionamiento y de otras tareas como tarificación de los servicios, conmutación telefónica, gestión del suscriptor, enrutamiento de datos, entre otros.

Elementos de la cabecera

Recepción de servicios:

Antena direccional o directiva: Una antena direccional emite o capta la mayor parte de energía en una dirección dada, esto se puede

aprovechar para receptar con niveles óptimos de señal los canales de televisión abierta.

Los tipos de antena que se utilizan son la Yagi-Uda y la logarítmica-periódica, su ubicación por lo general son en la parte más alta de la cabecera.

Cuando se necesita mayor fiabilidad de la señal de la recepción de aire, se transmite directamente la programación desde la estación de televisión hacia la cabecera a través de enlaces de fibra óptica.

Antena parabólica: Muchas empresas suben sus contenidos a satélites geoestacionarios, algunos de estos contenidos están libres y otros necesitan de equipos especiales y de un contrato para evitar conflictos de propiedad intelectual y derecho de autor.

Componentes de la antena:

- Reflector.- Concentra la señal en el punto focal de la parábola.
- Dual feed.- Localizado en el punto focal. Sirve para fijar los LNB.
- LNB.- Es el bloque de bajo ruido, el cual amplifica la señal ya que los niveles de recepción son bajos. Realiza una conversión a frecuencias más bajas que puedan ser soportadas por el receptor satelital.

Receptor: Se encarga de amplificar, demodular, descifrar y decodificar la señal proveniente de las antenas a través de cable coaxial. Hay que tener en cuenta que mientras mayor sea la longitud del cable, mayor será la atenuación de la señal.

Por cada canal analógico que se capture se necesita un receptor. A lo que refiere la recepción digital, es posible tener menos receptores que canales bajados cuando el proveedor transmite múltiples canales por portadora, así varios canales serán recibidos por un solo receptor.

Los receptores que reciben las señales analógicas tienen dos salidas, una de audio y otra de video, aquellas serán las entradas al codificador para su respectiva digitalización y compresión. En cambio, los receptores que reciben señales digitales constan de una salida en formato ASI, es decir, se tiene ya un flujo de transporte MPEG-2. [9]

Como la información ya está digitalizada, esta salida se conecta directamente al multiplexor.

Todos los receptores suelen ubicarse en unos bastidores llamados racks.

Cable Modem Termination System (CMTS): Equipo que se utiliza para proporcionar servicios de datos de alta velocidad, como internet o voz sobre IP. Es el intermediario entre la red de internet y la red HFC.

Un CMTS puede hacer las veces de router, enrutando los paquetes desde y hacia la gran red de internet.

Dependiendo del modelo, un CMTS puede manejar desde 4.000 hasta incluso más de 150000 cable módems

Softswitch: Equipo que da el control de llamada y servicios de conmutación de paquetes para telefonía. Hace de intermediario entre la red PSTN y la red HFC.

Procesamiento de la señal:

Codificador: Las funciones de este equipo es digitalizar y comprimir señales. El video se codifica utilizando el estándar MPEG-2.

En la tabla 4 encontramos algunas resoluciones permitidas en MPEG-2 según el estándar y la definición.

Definición	Resolución	Cuadros o Campos/s	Estándar
Estándar (SD)	720 x 480	Hasta 60 p o 60 i	ATSC / ISDB
	720 x 576	Hasta 50 p o 50 i	DVB
Alta (HD)	1280 x 720	Hasta 60 p	ATSC / ISDB
	1920 x 1080	Hasta 60 i o 30 p	ATSC / ISDB
	1280 x 720	25 o 50 p	DVB
	1920 x 1080	25 p o 50 i	DVB

Tabla 4: Resoluciones en televisión digital [10].

En la columna de “cuadros o campos/s” tenemos la letra “p” y la “i”. Estas se refieren al tipo de barrido, sea progresivo (p) o entrelazado (i). El barrido entrelazado barre las líneas pares y luego las impares. Una imagen completa se forma al juntar el campo par con el impar.

Multiplexor: Combina todas las señales de las cascadas de codificador para formar un gran flujo de transporte.

En la figura 2.2 podemos observar un modelo de Multiplexor Motorola TMX-2010.



Figura 2.2: Multiplexor TMX-2010 [11]

SEM: Equipo que recibe el flujo MPEG-2 y realiza las siguientes funciones:

- Codificar: Usando Reed-Salomon añadiendo bits de información para facilitar la detección de errores.

- Aleatorizar: Redistribuye el orden de los bits para disminuir los errores de ráfaga.
- Encriptar: Utiliza el estándar DES. [12]
- Modular: Los dos esquemas más utilizados son 64 y 256 QAM.

Switch: Su función es la de concentrar y distribuir. Una sola antena parabólica capta algunos canales, en estos casos se necesita un multiswitch que derive la señal a cada uno de los IRD. Cuando se reciben canales de alta definición, el switch se utiliza para concentrar todos los canales HD y enviarlos al SEM desde un solo puerto de salida Ethernet.

Combinador: Este equipo junta las señales de televisión de definición estándar y alta.

Transmisor Óptico: Desde una señal eléctrica modula la intensidad de una fuente de luz para que pueda ser transportada por la fibra de la red troncal.

Existen transmisores directamente y externamente modulados. Un transmisor puede ser LÁSER o LED dependiendo de la fibra óptica que se emplee. Los láseres tienen mejores características de transmisión, mejor acoplo de luz, menor anchura espectral, mayor velocidad de modulación, decenas de GHz frente a unos 200MHz en los LEDs, pero con menos tiempo de vida y costo mayor que los LEDs que tienen mayor estabilidad térmica, mayor linealidad, son menos susceptibles a transitorios y más robustos.

Receptor Óptico: Este dispositivo realiza la conversión óptica a eléctrica de la señal recibida desde los transmisores de retorno a los nodos. El receptor utiliza un fotodiodo para detectar la luz.

En ocasiones los módulos de transmisión y recepción óptica se encuentran en un solo chasis como se puede observar en la figura 2.4. ese equipo se encargaría de incluir la señal de televisión a la del CMTS, teniendo todo el flujo de bajada junto.



Figura 2.3: Chasis Omnistar GX2 [13]

2.1.2. Red troncal.

Encargada de repartir la señal generada por la cabecera a todas las zonas de distribución de la red mediante enlaces de fibra óptica.

Elementos de la red troncal.

Fibra óptica: Permite la transmisión de señales ópticas, es parte importante de la red troncal.

Amplificadores ópticos: Dispositivos que realizan la amplificación óptica directamente. Existen diferentes maneras en las que se puede amplificar una señal de luz y según por ello se tiene el tipo de amplificador óptico:

- **Amplificadores de fibra dopada.-** Multiplexan la señal que se desea amplificar con el bombeo de un láser de onda continua a una longitud de onda generalmente de 980 nm o 1480 nm.
- **Amplificador óptico de semiconductor.-** Un semiconductor proporciona el medio de ganancia. Tiene una estructura similar a la de un láser Fabry-Perot salvo por un recubrimiento anti reflectante en los extremos.
- **Amplificadores Raman.-** La amplificación se basa en el efecto de dispersión estimulada Raman, según el cual una señal sería capaz de darle ganancia a otra de menor longitud de onda.
- **Amplificadores ópticos paramétricos.-** Usan amplificación paramétrica.

Divisores ópticos: Dividen la señal óptica en múltiples puertos de salida (2, 4, 8, 16, 32, 64). La potencia es también dividida.

Nodo óptico: Es el último elemento de la red troncal y el principio de la red de distribución. Realiza la conversión eléctrico/óptico y viceversa. Se recomienda que sea instalado en el centro de la zona a la que servirá. Un nodo óptico consta de:

- **Receptor óptico.-** Recibe la señal óptica y la convierte a eléctrica, siendo su salida dividida a un número de ramas coaxiales que servirán a una porción del total de abonados.
- **Transmisor óptico.-** Realiza la conversión eléctrica a óptica en el camino de retorno hacia la cabecera. Los nodos ópticos pueden tener uno o múltiples caminos de retorno según el caso se requerirán uno o múltiples transmisores.
- **Diplexores.-** Elementos que separan el espectro del upstream y downstream en el cable coaxial.

En la figura 2.4 podemos observar la estructura general de la plataforma óptica en la red troncal, mientras que en la figura 2.5 se encuentra uno de los modelos de nodo óptico utilizado en las redes HFC

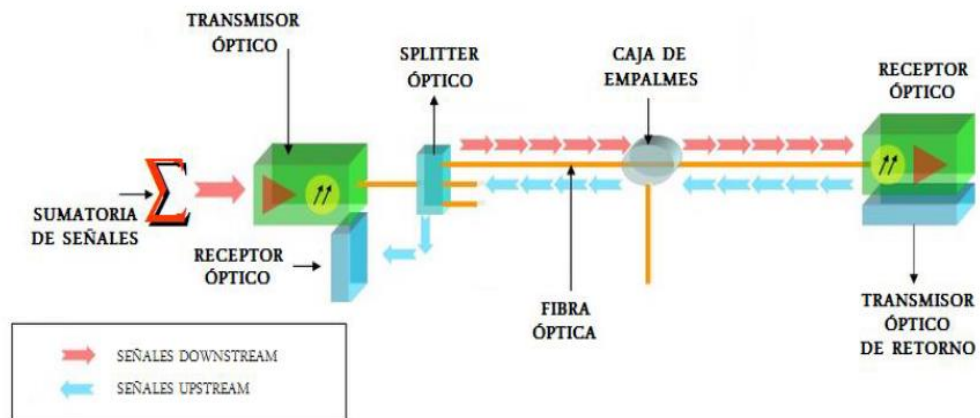


Figura 2.4: Esquema del sistema de fibra óptica en la red troncal



Figura 2.5: Nodo óptico Motorola SG2000 [14]

2.1.3. Red de distribución.

Se distribuye señales en RF por medio de cable coaxial. En esta parte la señal necesitará ser varias veces amplificadas hasta llegar al tap, desde donde inicia la conexión de la acometida hacia el usuario.

ELEMENTOS DE RED DE DISTRIBUCIÓN

Cable coaxial: Se encuentra desde el nodo óptico hasta el abonado. El diseño más común de cable coaxial tiene:

- Un blindaje sólido de aluminio.
- Espuma de polietileno que hace las veces de dieléctrico.
- Un conductor central de aluminio revestido por cobre, lo que significa un menor peso y menos pérdidas de retorno que los cables de solo cobre.
- Una chaqueta protectora que recubre todo lo anterior, cuyo objetivo es asegurar las mejores condiciones frente al medio ambiente, incluyendo la protección frente a los rayos ultravioletas.

Usualmente se usa cable coaxial 750 y 500. Estos cables además de transportar las señales en RF permiten la alimentación de los elementos activos de la red. Por la parte interna del conductor pasan las señales de baja frecuencia y por la periferia las de alta frecuencia.

Por lo general el cable de 750 se extiende desde los puertos coaxiales del nodo óptico hasta el primer amplificador, y el cable 500 lo hace desde el primer amplificador hasta el tap del abonado.

Amplificadores: Son dispositivos electrónicos activos, es decir que necesitan alimentación; estos amplifican la señal para que pueda ser transportada a sitios lejanos.

Un amplificador se compone de:

- Diplexor.- Hace las veces de filtro, separando las señales de subida y bajada.
- Ecuador.- Permite alinear los valores de operación compensando las pérdidas del cable a distintas frecuencias.
- Pads.- Se encarga de atenuar la señal para encontrar el nivel de operación óptimo. Una ganancia excesiva podría aumentar considerablemente los niveles de ruido o las distorsiones.
- Slope (pendiente).- La atenuación es proporcional a la frecuencia, por lo que el amplificador necesita darle mayor ganancia a los canales más altos, de esto se encarga esta parte del circuito.

Todos estos componentes permiten al amplificador adecuar la señal de salida. En la figura 2.6 se puede observar la variación de la función de transferencia de la señal al pasar por cada etapa del amplificador.



Figura 2.6: Comportamiento de la señal durante varias etapas del amplificador [14].

Según los módulos de amplificación dividimos los amplificadores en:

Amplificador de distribución: Estos son los más usados en las actuales redes HFC. Tienen de dos a cuatro módulos de amplificación cuya salida puede ser ajustada independientemente. Ver la figura 2.7

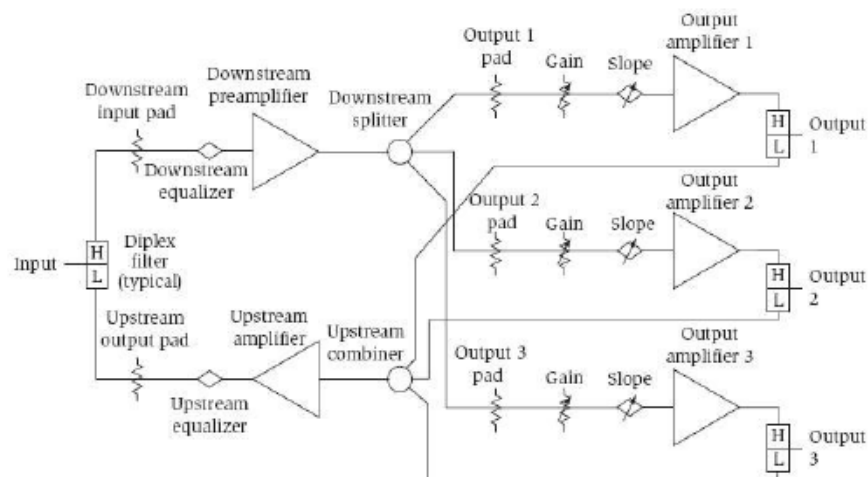


Figura 2.7: Configuración típica de un amplificador de distribución [15].

Estos amplificadores encontramos en la práctica:

- Bridge Trunk: Tiene dos entradas, una para el voltaje AC. Dispone de tres o cuatro módulos de amplificación.
- Mini-brigder: Posee tres puertos de salida, de los cuales únicamente se utilizan dos.
- MBV3: Es un amplificador mini-brigder que sí utiliza las tres salidas RF.

Extensores de línea: Solo tiene una salida de amplificación. Permite llegar a más taps que solo usando amplificadores de distribución. El número de extensores de línea en cascada está limitado por el nivel de distorsión que ocasionen. Ver la figura 2.8

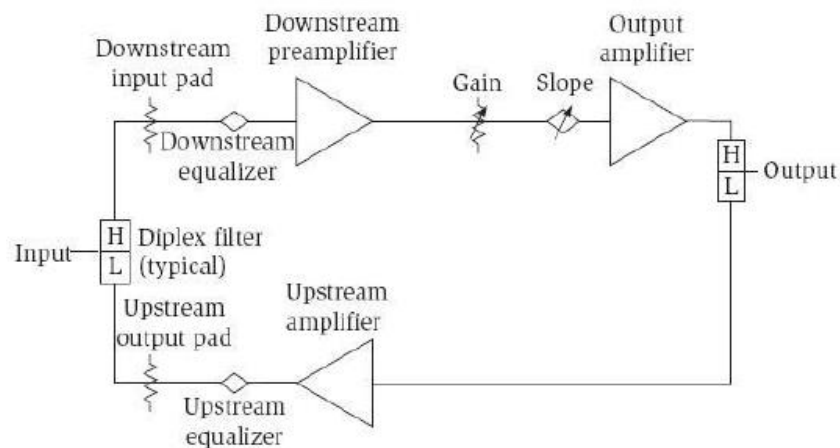


Figura 2.8: Configuración típica de un extensor de línea [15].

Acoplador: Elemento pasivo, es decir que no necesita ser energizado; que posee una entrada y dos salidas RF. Una salida conserva casi la misma potencia de la señal de entrada, mientras la otra es atenuada.

Splitter o divisor: Elemento pasivo que divide una señal de entrada a múltiples salidas. La potencia es también dividida. La pérdida en los

splitters es plana, ya que no está en función de la frecuencia, aunque aumenta si esta es o muy alta o muy baja.

Tap: Es una combinación de los dos elementos anteriores. Estos desvían una porción de la señal de entrada y luego la dividen, creando las acometidas de los abonados.

A un tap los diferencia dos cosas: Su número de salidas que pueden ser 2, 4 u 8 salidas atenuadas y la atenuación en cada una de ellas que puede ser de 4, 8, 11, 14, 17, 20, 23 o 26 dB.

Fuente de alimentación: Encargada de proveer energía a los elementos activos de la red. Este consta de tres módulos:

- Módulo transformador: Toma los 120 voltios AC del suministro eléctrico, convirtiéndolo en una onda semi-cuadrada entre 60 y 90 voltios AC a la salida.
- Módulo inversor: Su función es la de transformar la corriente continua del banco de baterías a corriente alterna que usa el módulo transformador cuando se produce un corte eléctrico.
- Banco de baterías: Dos bancos de 3 baterías, capaces de proveer energía por 8 horas luego de un corte en condiciones normales.

RPI: Elemento pasivo que inserta al cable coaxial la energía de la fuente de alimentación.

2.1.4. Acometida.

Parte de la red que va desde los puertos de salida de los taps hasta los equipos finales de los usuarios.

Elementos de la acometida.

Tap: Es el elemento interfaz entre la red distribución y la acometida.

Cable coaxial: El cable en la acometida está formado típicamente por un conductor central de acero bañado en cobre, espuma dieléctrica, un blindaje formado de al menos una lámina de aluminio y una malla trenzada también de aluminio, y la cubierta protectora por lo general de PVC o polietileno. Obsérvese la figura 2.9

Los cables más comunes para usar en la acometida son el RG6 y RG11. Se tiene como norma utilizar el primero para acometida de casas y el segundo para edificios debido a que el cable presenta mayor atenuación y la señal necesita distribuirse a una mayor cantidad de terminales.

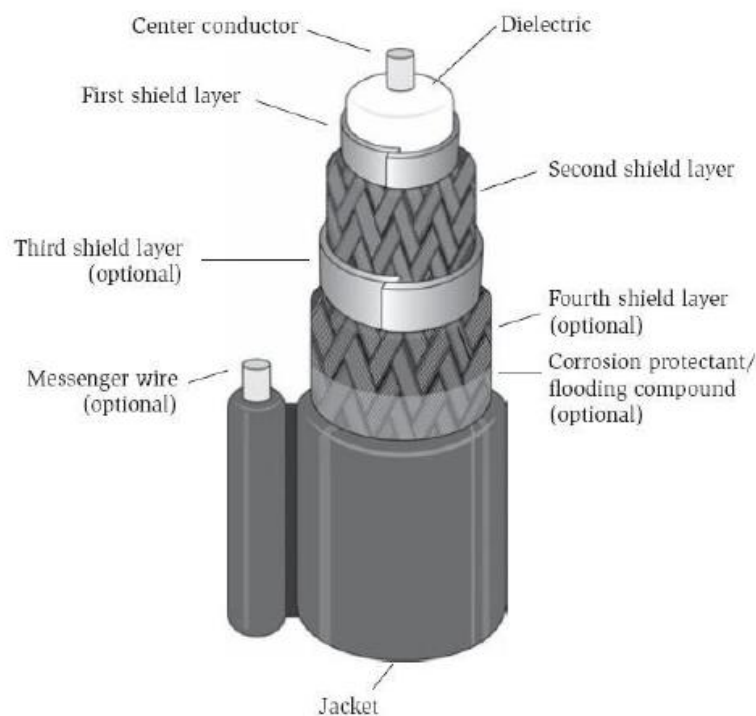


Figura 2.9: Construcción típica de un cable coaxial de la acometida [15]

Como en todo cable coaxial la señal sufrirá mayor atenuación mientras la aumente la frecuencia. En la figura 2.10 se puede visualizar una aproximación de las pérdidas a diferentes frecuencias de cuatro de los dos distintos cables usados en la acometida. Teniendo como observación que estos datos difieren según la temperatura.

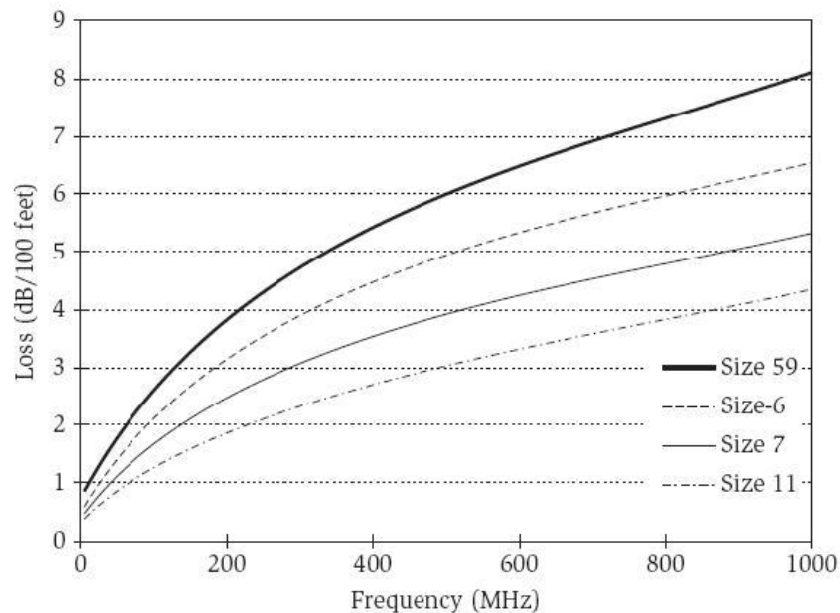


Figura 2.10: Pérdida de cables de acometida versus frecuencia [15].

Equipos terminales: Son aquellos dispositivos que necesitan ser instalados donde el cliente requiera el servicio y sin los cuales no se podría acceder al mismo.

Módem de datos: Modulador/demodulador instalado donde el abonado para proveer el servicio de internet. Posee un puerto RF que permite la conexión con el cable coaxial RG6 y un puerto RJ45 que permitirá conectar a la PC.

Módem de telefonía: En el canal de bajada de este equipo se encarga de recibir la señal digital, demodularla, descriptarla y convertirla en analógica para el teléfono. En el sentido ascendente hace lo contrario.

Set-top-box: Recibe la señal digital de la red codificada en MPEG-2, la demodula, decodifica y vuelve a modular para que pueda ser visualizada por lo abonados en el canal que ha ofrecido el operador. También es capaz de enviar información de regreso hacia la cabecera por el canal de subida.

2.2. Medios de transmisión.

La fibra óptica y el cable coaxial, son los que dan el nombre a las redes HFC. Se describirá en esta parte del capítulo características propias de cada medio de transmisión, que son necesarias conocer porque son capaces de afectar tanto al funcionamiento como al diseño de la red.

2.2.1. Fibra óptica.

El ancho de banda, los niveles de operación, el número de elementos en cascada, el ruido, las distorsiones, todos estos parámetros fueron limitantes de la red pura coaxial. La incursión de la fibra óptica a las redes de televisión significó nuevos alcances.

La fibra es un hilo muy fino, un poco más grueso que un cabello humano, de vidrio o plástico que permite enviar pulsos de luz, que representa la información, desde un extremo hacia el otro de la misma.

Tipos de fibra

Según los modos de propagación la fibra puede ser:

Multimodo: Cuando el haz de luz llega a través de varios caminos al extremo de la fibra. Una fuente luminosa emite luz en muchos ángulos en relación al centro de la fibra. El ángulo en el que los rayos de luz entran en la fibra y los principios ópticos de reflexión y refracción, determinan cómo se irán dibujando los varios modos o caminos a lo largo de la fibra.

Monomodo: Cuando el tamaño del diámetro del núcleo de la fibra se reduce, llegará un momento donde se transmita únicamente el modo fundamental LP_{01} , es decir, los haces de luz viajan por un solo camino, paralelo al eje, para llegar al otro extremo. A este tipo de fibra se la conoce como monomodo. Obsérvese los tipos de fibra en la figura 2.11.

La fibra multimodo tiene como ventaja la posibilidad de utilizar mayor potencia óptica y diseño de transmisores y receptores más sencillos. Sin embargo, presenta el problema de la dispersión modal, que es el retardo entre sus distintos modos, por lo que la fibra monomodo es capaz de alcanzar mayores distancias y con tasas de transmisión más altas. De esta manera, la fibra monomodo es casi universalmente utilizada en las redes de televisión y datos por cable.

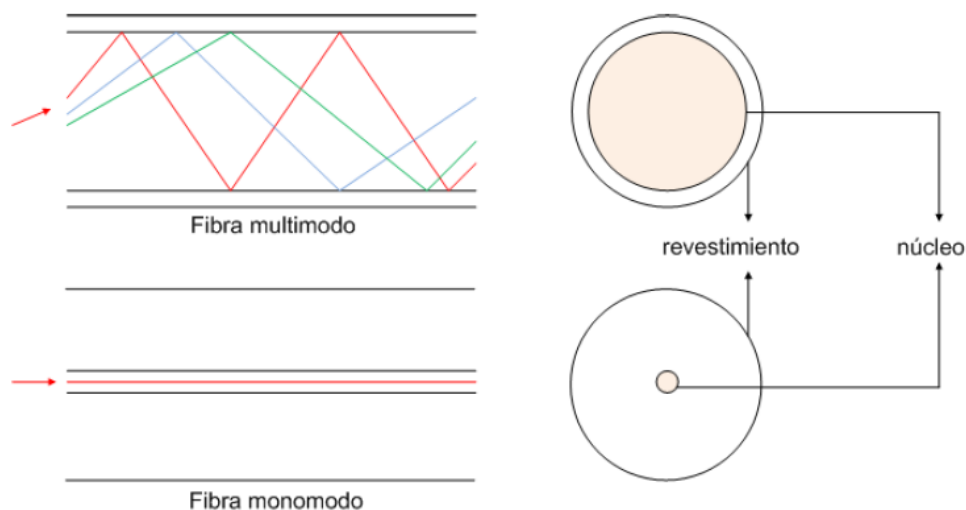


Figura 2.11: Tipos y estructura de la fibra óptica [16]

Estructura de la fibra Monomodo

La estructura de una fibra monomodo es la siguiente:

Núcleo: Un filamento muy fino de vidrio ubicado en el centro de la fibra. Su diámetro fluctúa entre los 3 y 10 μm .

Recubrimiento: Cubre al núcleo y tiene un menor índice de refracción, lo que permite que los haces de luz viajen casi en su totalidad a través del núcleo. Su diámetro varía entre los 50 y 125 μm .

Revestimiento: Puede alcanzar un diámetro de 1000 μm . su función es proteger al núcleo del ambiente (impurezas, humedad), reducir las pérdidas por dispersión y añadir resistencia mecánica a la fibra, está cubierta tiene por lo menos diez veces el tamaño del núcleo y generalmente tiene algún color para facilitar la identificación.

La fibra monomodo puede tener variantes en su construcción, pero la más generalizada consiste en el núcleo de 8.3 μm de diámetro, revestimiento extendido hasta los 125 μm , alcanzando junto al recubrimiento unos 250 μm de diámetro.

El sector de normalización de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T) en algunas de las recomendaciones de la serie G: Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales, recoge las características para diversas configuraciones de la fibra monomodo. La tabla 5 muestra las recomendaciones de la UIT-T sobre esta temática.

Recomendación	Nombre
G.652	Características de las fibras y cables ópticos monomodo
G.653	Características de los cables y fibras ópticas monomodo con dispersión desplazada
G.654	Características de los cables de fibra óptica monomodo con corte desplazado
G.655	Características de fibras y cables ópticos monomodo con dispersión desplazada no nula
G.657	Características de las fibras y cables ópticos monomodo insensibles a la pérdida por flexión para la red de acceso

Tabla 5: Recomendaciones de la UIT-T referentes a la fibra monomodo [17]

En el análisis o diseño de una red HFC se deberá tomar en cuenta el tipo de fibra que se está utilizando, ya que cada uno puede variar el efecto de algunos fenómenos propios de la fibra como la dispersión cromática.

Velocidad de propagación

La velocidad a la que se propaga la señal, la velocidad de propagación está en función del índice de refracción, parámetro análogo a la constante del dieléctrico en el cable. Este índice varía de material a material y no permite que la señal se propague a la velocidad de la luz. La velocidad de propagación en la fibra puede encontrarse con la siguiente relación:

$$V = \frac{c}{n} \quad (2.1)$$

Dónde:

$$C = \text{Velocidad de la luz } (3 \times 10^8 \text{ m/s}) \quad (2.2)$$

Se tiene que mencionar que a diferencia de la constante dieléctrica del cable, el índice de refracción y por lo tanto la velocidad de propagación, varía ligeramente en función de la longitud de onda.

Longitud de onda

Es la distancia que existe entre dos puntos en un mismo estado de oscilación, es decir, donde la forma de la onda se repite. Cada valor de frecuencia tiene cierta longitud de onda asociada. Cuando se utiliza fibra óptica se prefiere utilizar como referencia la longitud de onda.

Es importante conocer que en la fibra existen tres ventanas de transmisión: la primera a 850 nm, la segunda a 1310 nm y la última a 1550 nm y según cual se utilice se tendrán diferentes valores de atenuación. En el downstream se utilizará segunda y tercera ventana. Para el upstream se utilizará la segunda ventana principalmente.

Atenuación

Es la medida de la pérdida de la señal a través de un componente, circuito o medio de transmisión. Se expresa generalmente en decibel por unidad de longitud (dB/Km). En el caso de la fibra existen diversas causas como:

Absorción: Mhalke y Gössing (1993) la definen como la atenuación de la luz que viaja a través de la fibra debido a metales de transición como

el hierro, cobre, cobalto, cromo, níquel y especialmente por el agua en forma de iones OH [18].

Esparcimiento: Fenómeno en el cual parte de la energía es transferida a las impurezas del material y luego retransmitida en diferentes direcciones o en la misma dirección con diferentes retrasos, conduciendo a pérdida de la señal en la onda transmitida. Esto se debe a pequeñas irregularidades de la fibra desde el proceso de fabricación.

Deformación mecánica: Fenómenos como las curvaturas en la fibra, que facilitan que los haces de luz se escapen del núcleo y no se reflejen totalmente.

La atenuación en la fibra presenta valores muchos menores que los del cable. Por lo que la migración al uso de este medio en la red troncal permitió disminuir las cascadas de amplificadores.

La atenuación, en la fibra y cobre, es uno de los factores que impide transmitir a la tasa máxima de bits/seg.

2.2.2. Cable coaxial.

La construcción puede variar de acuerdo a su aplicación, se mostró en la descripción del cable coaxial 750 o RG6 anteriormente. En esta parte del capítulo se describirán otras particularidades de interés.

Impedancia característica

Una medida relacionada con la capacitancia e inductancia por unidad de longitud del cable. La impedancia característica de las redes HFC es de 75Ω . Es importante que todos los elementos de la red, incluido el cable coaxial, tengan este valor de impedancia. La discordancia de

impedancias entre dos elementos lo que crea son ondas reflejadas disminuyendo el rendimiento de la red.

Atenuación

Como se mencionó, es una medida de la pérdida de la señal en el medio de transmisión. En el cable coaxial se produce por: Mal blindaje, absorción de la señal en el dieléctrico, reflexión de la señal por impedancias desiguales o por pérdidas resistivas en los conductores del cable.

La fórmula general para encontrar la atenuación por pérdidas del cable, que en la práctica es la causa más importante, es:

$$\alpha = 4.344 \left(\frac{R}{Z_0} \right) + 2.774 F_p \sqrt{\epsilon} f \quad (2.3)$$

Dónde:

α = Atenuación del cable en dB/1000ft.

R = Resistencia óhmica por 100 pies de conductor.

Z_0 = Impedancia característica.

F_p = Factor de pérdida del dieléctrico.

ϵ = Constante dieléctrica.

f = Frecuencia en MHz.

A Través de la fórmula, más que para cálculos, se pretende mostrar que la atenuación es directamente proporcional a la frecuencia, lo cual representa un detalle de importante consideración en el diseño de la red HFC. Los fabricantes se encargan de proporcionar los valores de atenuación que presenta el cable a diferentes frecuencias.

Así también es directamente proporcional a la constante del dieléctrico y a la resistencia óhmica, la cual crece mientras decrece el diámetro del cable.

La atenuación además se verá afectada por la temperatura.

Velocidad de Propagación

Esto se refiere a la velocidad a la que se propaga la señal en el cable. Está en función directa con la constante del dieléctrico.

La velocidad de propagación relativa (V_p), es la relación entre la velocidad en la que se propaga la señal y su velocidad en el espacio libre. Puede ser encontrada con esta fórmula:

$$V_p = \frac{1}{\sqrt{\epsilon}} \quad (2.4)$$

Return loss (pérdida de retorno)

Es la relación que existe entre la potencia incidente y la potencia reflejada en el cable, producto del cambio de impedancia del cable o de las terminaciones del mismo. Podemos imaginarnos que una señal viaja en la dirección deseada, mientras otra se origina en dirección opuesta. Estas señales se van a superponer en diferentes puntos a lo largo del cable las dos señales se suman o cancelan, lo que significa posible pérdida de información. Por eso es fundamental mantener una impedancia constante (75Ω) a lo largo de la red, para que las reflexiones sean mínimas.

En la tabla 6 se puede observar cuanto cambia la pérdida de retorno y el porcentaje de señal reflejada en relación con la precisión de las terminaciones a las que se conecta el coaxial.

Precisión de la terminación	Terminación de 75Ω		Pérdida de retorno	Reflexión de la señal
	Límite inferior	Límite superior		
+/- 0.1 %	74.925	75.075	66.0 dB	0.05 %

+/- 1.0 %	74.26	75.75	46.1 dB	0.5 %
+/- 2.0 %	73.53	76.50	40.1 dB	1.0 %
+/- 5.0 %	71.43	78.75	32.3 dB	2.4 %
+/- 10.0 %	68.18	82.50	26.4 dB	4.8 %
+/- 20.0 %	62.50	90.00	20.8 dB	9.1 %
+/- 30.0 %	57.69	97.50	17.7 dB	13.0 %
+/- 40.0 %	53.57	105.00	15.6 dB	16.7 %
+/- 50.0 %	50.00	112.50	14.0 dB	20.0 %

Tabla 6: Pérdida de retorno por las terminaciones [19]

Cuando las reflexiones son medidas en todo el rango de frecuencias donde va a operar el sistema, el resultado se lo conoce como Pérdida de Retorno Estructural (SRL). Se recomienda, en el peor de los casos, un SRL entre 26 y 30 dB para el coaxial de la red de distribución y 20 dB para el de la acometida. La impedancia característica del cable de distribución no debería superar los ± 2 -3 ohmios de variación y el de la acometida como máximo ± 5 ohmios.

2.3. Bidireccionalidad.

En una característica de las actuales redes HFC, a estas se la conoce como DOWNSTREAM y UPSTREAM, a continuación se mencionarán las atribuciones propias de estas dos características.

2.3.1. Canal de bajada. downstream. señal descendente.

Se refiere al flujo de señal que viaja desde el headend hasta el terminal del usuario. La fuente de la señal del downstream solo es una, la cabecera. Esta señal, a lo largo de la red, será dividida múltiples veces para llegar a cada terminal.

El límite inferior del espectro suele ser 54 MHz y el superior esta entre los 550 y 1000 MHz. Una de las operadoras locales, por ejemplo, tiene como límites 54 y 864 MHz. El límite superior está limitado principalmente por los componentes de la red. La tecnología de los amplificadores fue una barrera por mucho tiempo. En la actualidad existen amplificadores comerciales hasta de 750, 870 y 1000 MHz, aunque la mayoría de cable módems y set-top-boxes no sintonizan más allá de los 864 MHz.

Todo este ancho de banda es dividido en canales, cada uno de 6 MHz (el ancho de banda usado en la transmisión de un canal analógico en el estándar NTSC). En cada canal viajará bien televisión o bien servicios de internet y telefonía. El uso de señales digitales permite transmitir más de un canal de televisión en los mismos 6 MHz. El número de canales, como mencionamos, depende de la velocidad de transmisión necesaria y la tasa de datos que permita la modulación usada, pero por lo general, agrupan 6 canales de definición estándar y 2 de alta definición en dicho ancho de banda.

En canal de bajada utiliza generalmente como modulación 64 o 256 QAM dependiendo de la tolerancia a errores del servicio y las condiciones del canal.

En el downstream se busca que la ganancia desde la salida de un amplificador hasta la salida del siguiente sea 0 dB. Significa que se equilibran las pérdidas por la línea del cable y los componentes, con la ganancia que se le da a los amplificadores.

El nivel de señal que reciben todas las casas es casi el mismo, variando en un pequeño rango.

2.3.2. Canal de subida. upstream. señal ascendente.

Se refiere al flujo de señal que viaja hacia el headend. Cada terminal del usuario es una fuente de señal para el upstream. Estas señales son combinadas en cada nodo en su camino a la cabecera.

En este sentido los problemas de ruido e interferencia son mayores. En vista de tener menor pérdida por atenuación, casi siempre las señales del upstream están por debajo de las del downstream. El borde inferior está limitado por los armónicos de la alimentación y además por el rango de operación de los amplificadores y algunos elementos pasivos como taps, splitters y acopladores. De esta manera la frecuencia donde empieza el upstream es comúnmente 5 MHz. La banda usada para el upstream era desde los 5 a los 30 MHz, pero acercándose al año 2000, se incrementó para aumentar el ancho de banda disponible. Una de las operadoras locales tiene actualmente como límites del canal de subida 5 y 47 MHz.

En el upstream no existen canales fijos de 6 MHz, el ancho de banda varía entre los 200 KHz y 3.2 MHz, dependiendo del servicio. Aunque teóricamente las versiones 2.0 y 3.0 de DOCSIS permiten anchos de banda de hasta 6.4 MHz.

En este sentido el ancho de banda efectivo puede ser menor que el ancho de banda disponible. Por debajo se ve limitado por el ingreso de otras señales y por arriba por el group delay de los Diplexores (la demora en el paso de aquella parte del espectro cerca de las frecuencias de corte de los filtros).

Para modular las señales de retorno se utiliza por lo general QPSK 16 o 64 QAM. Mientras QPSK es una modulación más robusta, menos susceptible al ruido, las modulaciones QAM son más eficientes, transmitiendo a mayores velocidades. Algunas redes son capaces de ajustar automáticamente la modulación de acuerdo a las condiciones del canal.

En sentido ascendente se busca que el nivel de señal que llega a un amplificador sea el mismo que llegue a la cabecera. La cabecera censa este nivel y es capaz de enviar una señal a cada terminal para que lo modifique si hace falta, así el nivel recibido sea el adecuado. A diferencia con el downstream donde el nivel de la señal que recibía cada terminal era casi el mismo, el nivel al que se transmite difiere.

Es también común usar TDMA. Lo que significa que muchos terminales pueden transmitir en la misma frecuencia pero en diferentes espacios de tiempo, bajo el control del headend, específicamente del CMTS, quien va asignando ventanas de tiempo a slots a cada cable módem de acuerdo al tipo de servicio y prioridad.

2.4. Bandas Ku y C

Banda Ku

Se utiliza principalmente para las comunicaciones por satélite, especialmente para la edición y radiodifusión de televisión por satélite.

La banda Ku es una porción del espectro electromagnético de microondas en el rango de frecuencias que van desde 11,7 a 12,2 GHz en bajada y 14 a 14,5GHz las frecuencias de enlace ascendente.

La recepción digital de banda Ku es el formato DVB.

Banda C

Es un rango del espectro electromagnético de las microondas que comprende frecuencias de entre 3,7 a 4,2 GHz en bajada y desde 5,9 hasta 6,4 GHz en subida. Este fue el primer rango de frecuencias utilizado para transmisiones satelitales.

El satélite actúa como repetidor, recibiendo las señales en la parte alta de la banda y reemitiéndolas hacia la tierra en la banda baja, con una diferencia de frecuencia de 2.225 MHz.

Normalmente se usa polarización horizontal y vertical para poder duplicar el número de servicios sobre la misma frecuencia, aunque en algunos casos se utiliza la polarización circular.

Comparado con la banda Ku, la Banda C es más confiable bajo condiciones adversas, principalmente lluvia fuerte y granizo. Así mismo, las frecuencias de Banda C están más congestionadas y son más vulnerables hacia interferencia terrestre. [20]

CAPITULO 3

3. DISEÑO

Una vez analizada de forma detallada en el capítulo 2 todo acerca de la estructura, componentes y partes de una red HFC damos paso al capítulo 3 en la que hacemos uso de todo aquello que necesitaríamos para este tipo de redes híbridas.

Lo que este capítulo tiene como objetivo es presentar el método usado de la forma más comprensible posible sobre el diseño de redes HFC, ajustando el diseño a los diversos requerimientos y necesidades descritas.

El diseño considera realizar la red con la menor cantidad de recursos y cumpliendo con todos los requisitos técnicos.

Teniendo en cuenta que:

- Todo diseño debe de tener una etapa de planificación.
- En el diseño se debe de seleccionar los elementos que formarán parte de la red y como estos estarán interconectados.
- Es importante tener redundancia, asegurar disponibilidad y confiabilidad para así poder mantener a los usuarios y no perder su fidelidad.
- Todo esto manteniendo el menor costo posible y alta calidad. [16]

Se usan varias secciones para la planificación, elementos y topología, parámetros técnicos de operación para determinar los presupuestos de inversión y gastos.

Entonces comencemos con el diseño de la red HFC para brindar el servicio de televisión digital, de audio y video por suscripción, a la zona urbana céntrica de la ciudad de Babahoyo.

3.1. Diseño de la red HFC.

En los sistemas actuales de televisión se ha podido reducir la velocidad de transmisión de un canal digital de alta definición hasta los 19,3 Mbps, por lo que en un canal analógico de 6 MHz se pueden transmitir 2 canales digitales HD y hasta 6 canales digitales SD, esto se debe a que un canal de alta definición con los métodos de compresión actuales ha logrado reducirse en una relación de hasta 77:1.

3.1.1. Planificación.

Para que no existan una gran cantidad de ajustes en la etapa de implementación, es necesario comenzar una seria y profunda planificación, con un estudio preliminar y detalle que significará una base sólida para la futura red.

El primer paso consiste en el levantamiento de la información para la recopilación sistemática de las características de la zona donde se va a construir la red y brindar el servicio. Muñoz (2007) apunta que en esta etapa se recolectan datos como “localización exacta de los postes, el material de los mismo, las distintas entre postes, la ubicación de las cabeceras, la localización precisa de edificios, escuelas, hoteles, hospitales...” [Bibliografía]. En esta etapa también nos recomienda anotar cualquier otro sitio que pudiera requerir algún servicio de red en un futuro.

La segmentación consiste en dividir toda el área a cubrir en cierto número de zonas. Por cada zona se recomienda incluir entre 500 y 2000 viviendas. La señal será enviada a cada zona por fibra óptica y en un segundo nivel será distribuida por coaxial hasta el cliente. Los nodos ópticos son los encargados de convertir la señal de óptica a eléctrica y por lo general se divide hacia cuatro ramificaciones coaxiales, manejado hasta 500 casas dependiendo del diseño.

Cuando se realiza un diseño que sirva a menos casas por nodo, se puede aumentar la capacidad del canal de cada usuario, de ésta forma se satisface la creciente demanda individual de ancho de banda. Un diseño que abarca mayor número de casas busca la reducción de equipos y así disminuir tanto las inversiones, costos y puntos de fallo de la red.

3.1.2. Ubicación.

El diseño de la red con servicio de televisión digital, de audio y video por suscripción, en el centro de la zona urbana de Babahoyo se lo puede observar en la figura 3.1.

El área de servicio está delimitada por las siguientes calles: Av. 9 de Noviembre – Av. Malecón “9 de Octubre” – 27 de Mayo – Av. Juan X Marcos.

Teniendo como coordenadas geográficas de cada posición mostrada las siguientes:

Posición 1: Latitud: 1°47'59.52"S, Longitud: 79°32'21.26"O

Posición 2: Latitud: 1°48'13.89"S, Longitud: 79°32'15.58"O

Posición 3: Latitud: 1°48'3.15"S, Longitud: 79°31'45.26"O

Posición 4: Latitud: 1°47'48.76"S, Longitud: 79°31'50.58"O



Figura 3.1: Delimitación de la cobertura de nuestro proyecto.
Fuente: Google Earth.

3.1.3. Cabecera.

La ubicación de la cabecera será en la Avenida 5 de junio y Martín Icaza, por ser el centro geográfico del área de servicio y ser un punto equidistante a los límites (figura 3.2).

La posición se ubica con las coordenadas: Cabecera: Latitud: $1^{\circ}48'0.86''S$, Longitud: $79^{\circ}32'3.10''O$



**Figura 3.2: Ubicación de la cabecera de la red HFC.
Fuente: Google Earth.**

En la figura 3.3 se presenta el modelo interno de la Cabecera.

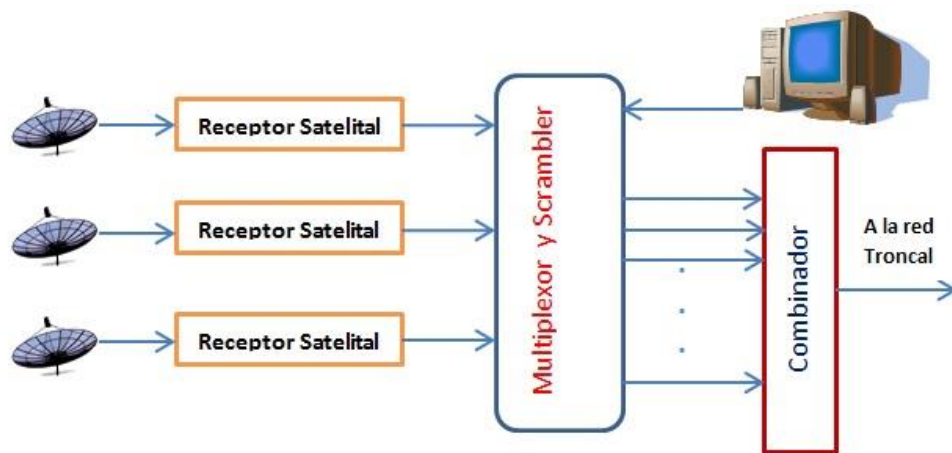


Figura 3.3: modelo interno de la cabecera de una red HFC

Recepción de señales.

Para la recepción de las señales de televisión será con 3 antenas parabólicas que operan 2 en la banda C, las cuales recibirán las

señales desde los satélites INTELSAT 11, INTELSAT 21 y AMAZONAS 2 en la banda Ku.

Para determinar la orientación de la antena, debemos tener en cuenta la ubicación geográfica del lugar de recepción ($1^{\circ}48'1.12''$ S y $79^{\circ}32'3.10''$ O) y la ubicación del satélite geoestacionario sobre el Ecuador (INTELSAT 11 a 43.1° Oeste, INTELSAT 58.0° Oeste y AMAZONAS 2 a 61° Oeste). [21]

Para la transmisión de 60 canales digitales de definición estándar se necesitara 10 portadoras, por lo que 6 canales digitales SD se pueden asignar a una portadora o un ancho de banda de 60 MHz y la transmisión de 15 canales digitales en alta definición, por el cual se asigna a una portadora 2 canales HD, se utilizará 8 portadoras o un ancho de banda de 48 MHz.

La selección de los receptores satelitales en la mayoría de los casos el proveedor del servicio es el que suministra el receptor satelital una vez firmado el contrato de retransmisión de la señal, en otros casos se encarga de validar el receptor satelital que va a ser utilizado o sino envía un archivo de configuración.

En lo que refiere al equipo para las funciones de multiplexor, codificador y convertidor de frecuencia adecuada al flujo de transporte, se considera adquirir un equipo el mismo que permite hasta 48 portadoras de salida.

El sistema de control digital utilizará un servidor para monitorear y controlar todo el proceso de envío de datos por la red en la cabecera, posee el programa de aplicación para el operador, base de datos, generador de la guía electrónica de programación, etc.

El combinador será utilizado para poder agrupar todas las señales salientes del multiplexor para formar una señal compuesta y enviarla hacia la Red Troncal. Los combinadores pasivos son más

frecuentemente usados que los activos. Los combinadores que usaremos son los pasivos.

3.1.4. Red troncal.

No existe una topología única ni mejor, la misma dependerá de las necesidades y decisiones que realice el operador, basándose en su presupuesto, la forma en la que pretende expandirse, recordando que los equipos escogidos y la red en sí deberán cumplir ciertos parámetros técnicos de operación.

La topología a usar en la red troncal es la que se conoce como topología estrella, ya que desde un punto en común se lanzan caminos separados hacia múltiples puntos. En este caso, el punto en común sería la cabecera y diversos caminos de fibra serían dirigidos a cada nodo óptico.

Con esta arquitectura cada camino independiente del otro, por lo que se tiene la posibilidad de enviar distinto contenido por cada ruta, además el daño de una fibra afectaría a los usuarios de ese nodo únicamente. Aunque, en la práctica, las múltiples fibras que alimentarán a diversos nodos, al salir de la cabecera comparten el mismo cable, por lo que el daño de una de ellas, podría afectar a más usuarios que los de su nodo asociado, esto lo podemos observar en la figura 3.4.

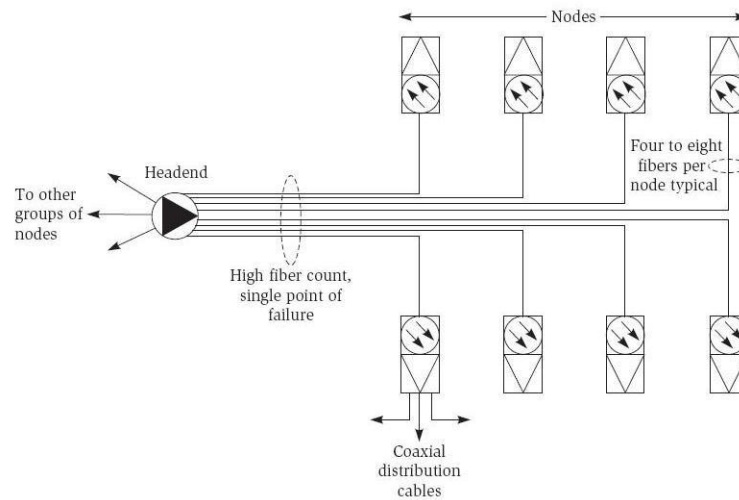


Figura 3.4: Topología estrella de la red troncal en una red HFC [15]

Debido a que el número de usuarios no es muy elevado, la red troncal no necesitaría de nodos secundarios o también llamados nodos de potencia que se encargan de amplificar la señal, si este fuese el caso estos nodos secundarios se encargarían de dirigir la señal a los nodos ópticos.

Dividiremos la zona céntrica de Babahoyo en 2 sectores, como se muestra en la figura 3.5, cada sector consta con superficies similares debido a que la densidad poblacional de este sector de la ciudad es muy parecida en cada cuadra. Cubriendo el sector uno 30 cuadras y el sector dos 29 cuadras, dando un total de 59 cuadras nuestra área de estudio.



Figura 3.5: División de sectores de la red troncal.
Fuente: Google Earth.

Se utilizará fibra óptica tipo monomodo G.652 (fibra con atenuación baja) según recomendaciones de la UIT-I. Este tipo de fibra está optimizada para su uso en la longitud de onda de 1310 nm y adecuadas para aplicaciones digitales. En la tabla 7 se observa con más detalles las características de esta fibra.

Características	Valor/Descripción
Generales	
Recomendación UIT-T	G.652 D
Tipo	Monomodo
Número de fibras	12, 24, 48, 72, y 96 (el volumen depende del proyecto)
Configuración	Aéreo tipo ADSS para vanos de 90, 120, 200, 300, 500 y 800m
De Transmisión	
Atenuación máxima garantizada	@ 1310nm, 0.4 dB/km @ 1550nm, 0.3 dB/km
Atenuación Típica	@ 1310nm, 0.38 dB/km @ 1550nm, 0.2 dB/km

Tabla 7: Características de la Fibra óptica tipo monomodo G.652

Se utilizará dos nodos ópticos, cada uno en el centro de cada sector, tal como lo muestra la figura 3.6 esto hace que la distancia máxima entre un nodo óptico y un usuario no superará los 2 Km. En cuanto las coordenadas de estos dos nodos ópticos están dadas por:

Nodo óptico 1: Latitud $1^{\circ}48'3.93''S$, Longitud $79^{\circ}32'10.87''O$

Nodo óptico 2: Latitud $1^{\circ}47'57.80''S$, Longitud $79^{\circ}31'55.38''O$

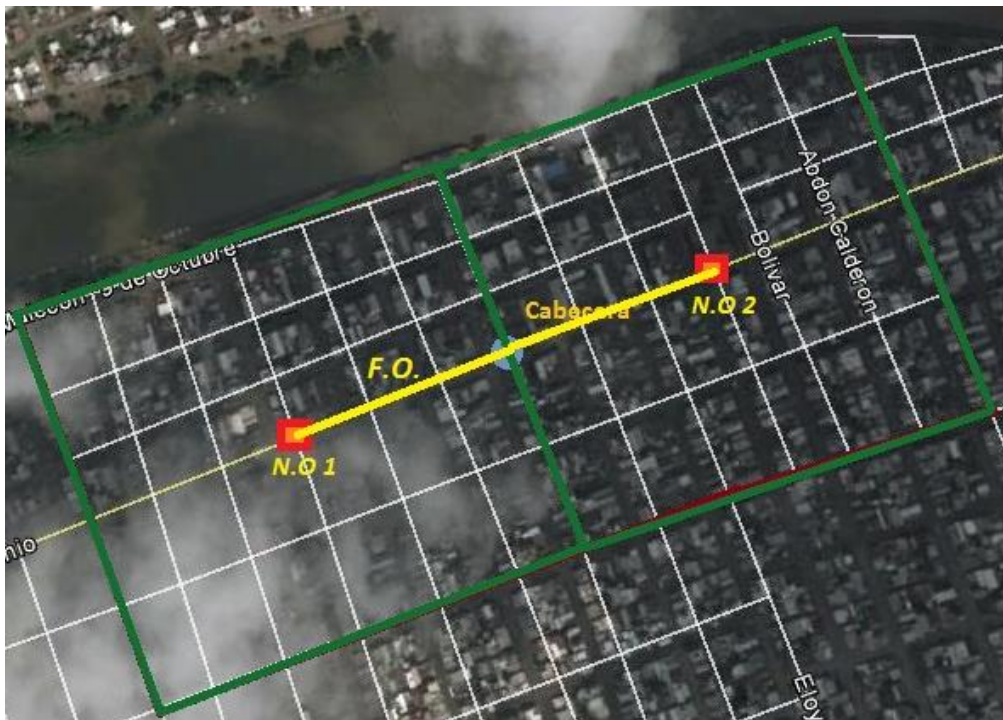


Figura 3.6: Ubicación de los nodos ópticos de la red troncal
Fuente: Google Earth.

Se requiere que a cada nodo óptico lleguen 4 hilos de fibra óptica, dos para transmisión con respaldo y dos de recepción con respaldo.

La distancia de la cabecera al nodo óptico 1 es de 260 metros (Ruta A) y al nodo óptico 2 es de 180 metros (Ruta B). En la figura 3.7 podemos observar un diagrama de como luce nuestra res troncal con la cabecera y sus dos nodos ópticos con las dos rutas antes mencionadas.

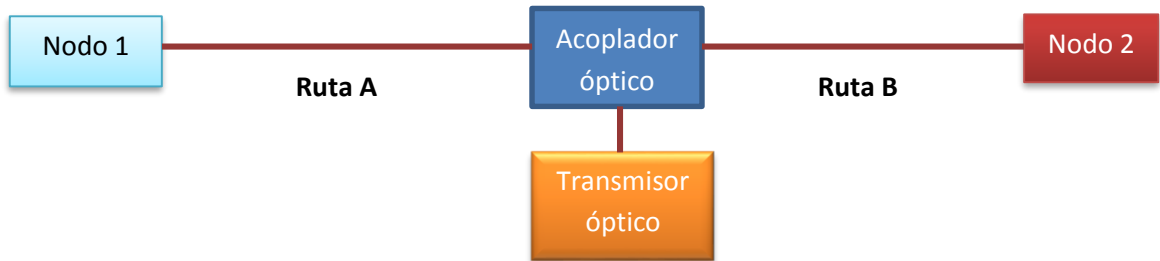


Figura 3.7: Diagrama de la red Troncal.

Atenuación.

La pérdida de luz en una fibra óptica es muy pequeña como se puede apreciar en la figura 3.8. Las longitudes de onda utilizadas en la fibra son 1310 nm y 1550 nm. Con una longitud de onda (λ) de 1310 nm la atenuación típica es de 0.35 dB/km, mientras para 1550 nm es de 0.25 dB/km.

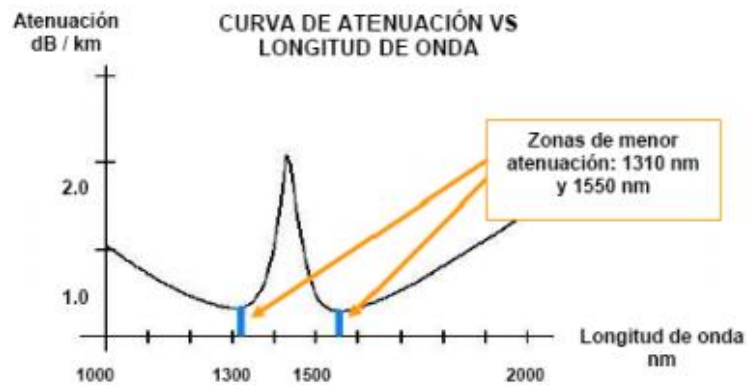


Figura 3.8: Curva de atenuación de la fibra

Para el cálculo de la pérdida total se recomienda agregar un 10% de pérdida extra de la distancia en la ruta por catenaria y reservas de fibra. La longitud de onda que utilizaremos es de 1310 nm.

$$\mathbf{Pérdida\ total\ por\ fibra} = [\mathbf{Ruta\ A(km)} + \mathbf{10\% Ruta\ A(km)}] \times [\mathbf{atenuación(dB/km)}] \quad (3.1)$$

$$\mathbf{Pérdida\ total\ por\ fibra} = [0.26 + 0.1(0.26)] \times [0.35]$$

$$\mathbf{Pérdida\ total\ por\ fibra} = 0.1001\ dB$$

$$\mathbf{Pérdida\ total\ por\ fibra} = [\mathbf{Ruta\ B(km)} + \mathbf{10\% Ruta\ B(km)}] \times [\mathbf{atenuación(dB/km)}] \quad (3.2)$$

$$\mathbf{Pérdida\ total\ por\ fibra} = [0.18 + 0.1(0.18)] \times [0.35]$$

$$\mathbf{Pérdida\ total\ por\ fibra} = 0.0693\ dB$$

Para obtener la potencia necesaria para cada ruta se aplica la siguiente fórmula:

$$\mathbf{P_{mW}} = \mathbf{10^{P_{dBm}/10}} \quad (3.3)$$

Por lo tanto, la potencia necesaria es:

Para la ruta A = 1.023 mW.

Para la ruta B = 1.016 mW.

Con esto se obtiene la potencia óptica del transmisor:

Potencia óptica del transmisor = 1.023 + 1.016 = 2.039 mW.

3.1.5. Red de distribución

Generalmente se usa topología tipo árbol, que no es otra cosa que un tronco principal y a medida que se llegan a los taps se van extendiendo ramificaciones hacia los usuarios, como se observa en la figura 3.9, aunque en nuestro diseño no hubo la necesidad de usar amplificadores a la salida de los taps ya que las distancias son cortas.

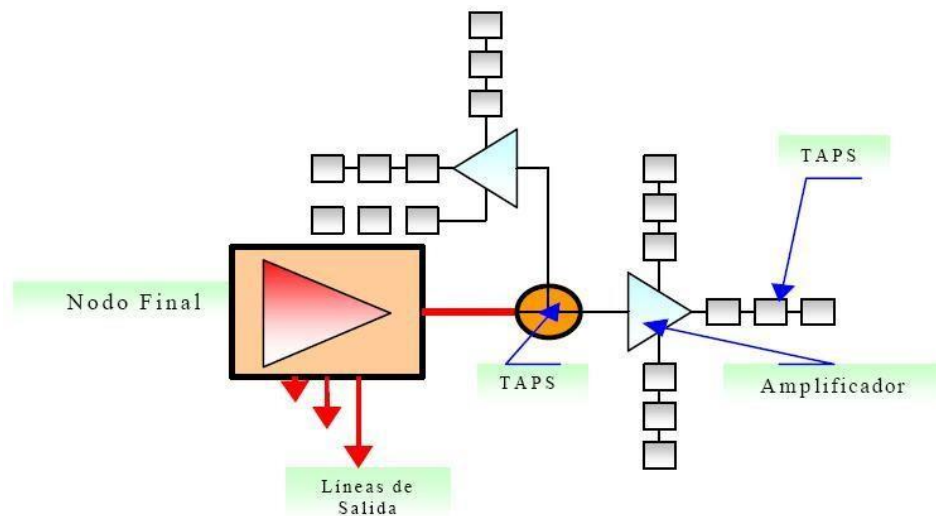


Figura 3.9: Topología red de distribución [16].

Se ha procedido a dividir la zona céntrica de Babahoyo de aproximada 1320 viviendas de usuarios potenciales en 8 áreas como se muestra en la figura 3.10, en el que cada área tiene 165 viviendas aproximadamente. La división de las ocho áreas será adjuntada en anexos.



**Figura 3.10: División en áreas de los dos Sectores.
Fuente: Google Earth.**

Se muestra en la figura 3.11 la sección A1, donde se indica la ruta de la red de distribución. Esta misma ruta se aplica a las otras ocho áreas que conforman nuestra área de estudio.

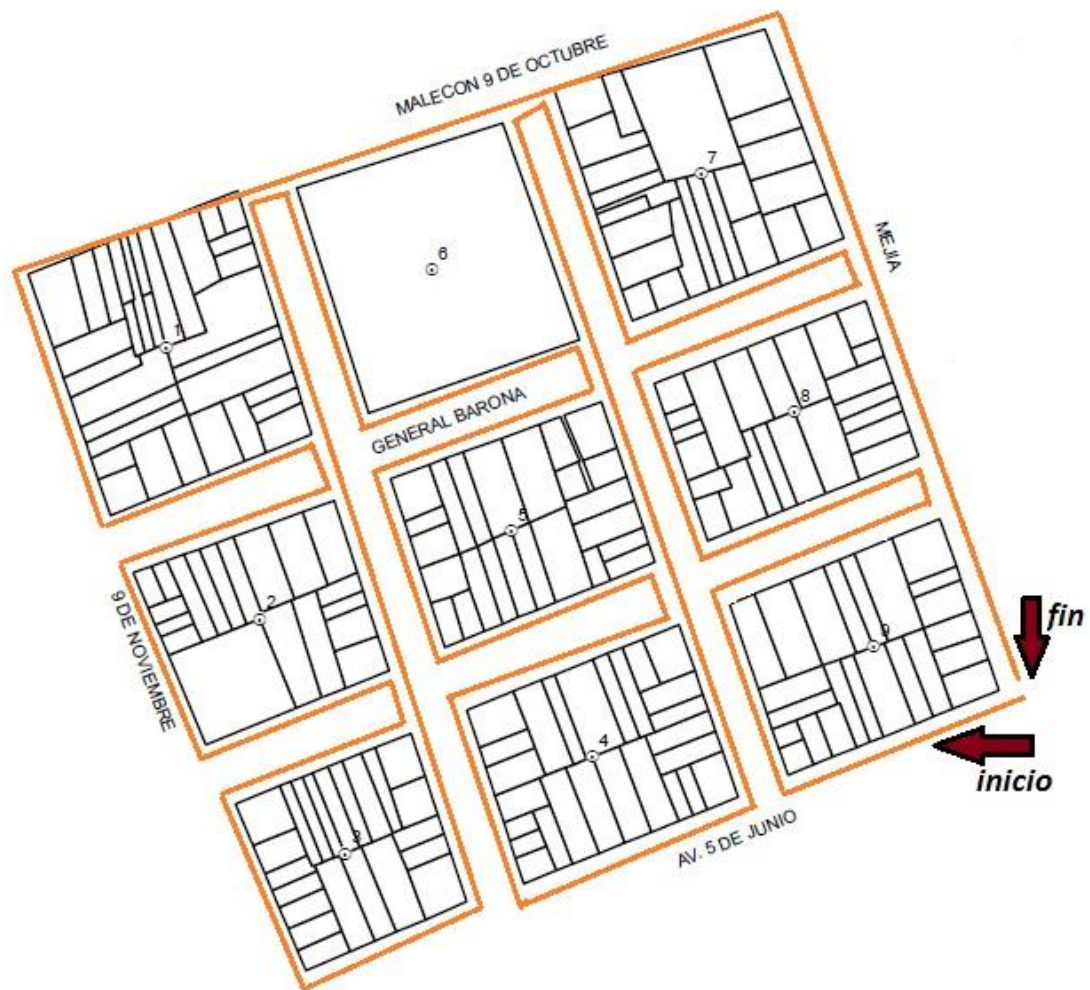


Figura 3.11: Distribución del cable coaxial en el área 1.

El cable coaxial; cable .500, cable de línea dura será utilizado para el tendido y la distribución externa.

La cantidad de taps a usar en cada área según nuestra percepción de posibles clientes se especifica en la tabla 8:

Área	Taps 8	Taps 2
A1	23	1
A2	21	2
A3	25	-
A4	25	-
A5	12	2
A6	12	3
A7	23	2
A8	24	2
Total	165	8

Tabla 8: Distribución de taps por área

3.1.6. Acometida

Por cada usuario residencial se usará la topología estrella se tendrá en cuenta el uso de un splitter y el cable coaxial que se utilizará es el RG6, en la figura 3.12 observamos este tipo de topología. Por otro lado en cuando el usuario es un hotel o edificio con muchos departamentos se colocará un tap por cada planta del cual partirán ramas coaxiales para dar el servicio de TV a los abonados, dependiendo de la cantidad de departamentos o habitaciones por piso el tap podría dar el servicio a más de una planta, a esta topología se la llama de árbol.

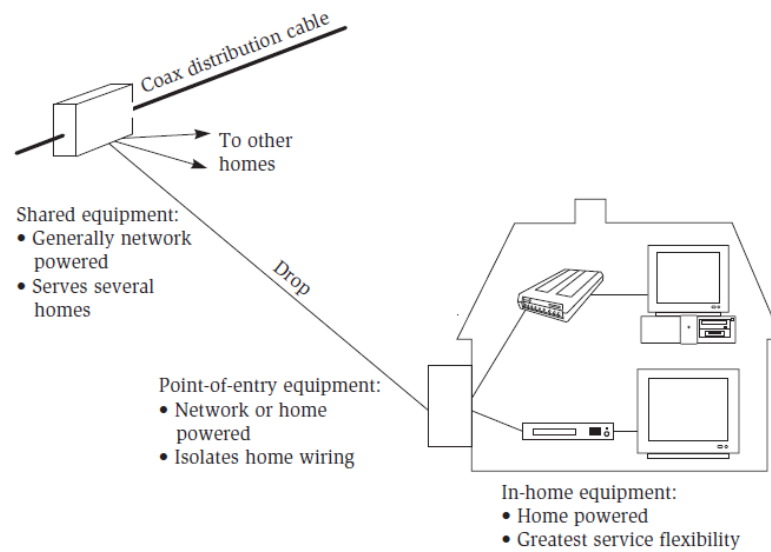


Figura 3.12 Topología acometida [15]

3.1.7. Equipo terminal

La cantidad de equipos terminales, también llamados set top box, serán usados uno por cada usuario. Los set top boxes tienen una entrada coaxial, una salida RCA y HMI para conectar a las entradas del televisor del usuario. Los equipos son digitales, programables, con protocolos y encriptación más seguros. Se incluye un control remoto para el usuario por cada set top box.

Existen también modelos que incluyen juegos, conexión a internet, sin embargo estas funcionalidades no serán requeridas para el proyecto propuesto.

CAPITULO 4

4. ANÁLISIS FINANCIERO.

Al usuario al momento de decidirse por algún proveedor no se fija en parámetros técnicos, lo que al consumidor le interesa es qué ofrece cada uno y a qué precio.

Las operadoras además de preocuparse por captar nuevos suscriptores, deben orientar sus esfuerzos por mantener aquellos que tiene. Para esta tarea es fundamental realizar una labor que permita a sus clientes adquirir una experiencia positiva del servicio. Será crucial que el servicio no se caiga y de existir alguna interrupción, esta debe de ser corregida en el menor tiempo posible y todo esto se ve reflejado a la hora de estimar costos.

4.1. Inversión.

Es algo complejo estimar el costo de una red, ya que es un factor muy variable.

La inversión del proyecto cambiaría en función de algunos factores: El alcance inicial (extensión, número de usuarios), los equipos (cantidad, proveedor, características técnicas, calidad), el nivel de redundancia que se quiera dar, entre otros. A todo lo antes mencionado agregar el gasto del personal involucrado, valores de posible implementación, lo añadiría recursos humanos costos de infraestructura e instalación (incluyendo el tendido del cable), la compra o alquiler de espacio físico, servicios básicos, gastos administrativos, mantenimiento entre otros.

- Una red con un alcance inicial de 1320 abonados aproximadamente en un principio.
- Para la recepción de la señal se utilizaran 2 antenas en banda c y 1 e banda ku.
- Se ofertarán 75 canales los que incluyen canales HD dependiendo del plan al que el usuario se acoja.

- La red troncal estará dispuesta con una topología tipo estrella, mediante fibra la cabecera con dos nodos ópticos. Cada nodo se hará cargo de aproximadamente 650 usuarios.
- No necesitaremos amplificadores de distribución y tampoco extensores de línea.
- Aproximamos el número de taps de 8 salidas dividiendo el número de usuarios para 8.
- En cuanto a la extensión de los medios de transmisión se asumen unos 500 m, en cuanto a la red de distribución disponemos de 8 km y 40 km para la acometida.

Con todo esto podemos iniciar el análisis de costos de inversión para la poder implementar una red HFC en la zona urbana céntrica de la ciudad de Babahoyo.

Se procederá a realizar un análisis de costo aproximado de los equipos para la puesta en operación, costos de la instalación de la cabecera, red troncal, red de distribución y acometida. En la tabla 9 podemos observar los costos de equipamientos por los diferentes niveles.

Equipo	Valor unitario	Cantidad		Valor total
Headend				
antena banda C	\$ 550,00	2		\$ 1.100,00
antena banda Ku	\$ 235,00	1		\$ 235,00
Receptor satelital	\$ 1.250,00	3		\$ 3.750,00
Multiplexor	\$ 30.000,00	1		\$ 30.000,00
Servidor	\$ 2.000,00	1		\$ 2.000,00
Combinador	\$ 2.500,00	1		\$ 2.500,00
Transmisor óptico	\$ 1.500,00	1		\$ 1.500,00
Receptor óptico	\$ 600,00	1		\$ 600,00
Red troncal				
nodo óptico	\$ 5.500,00	2		\$ 11.000,00
Fibra óptica monomodo	\$ 1,10	600	m	\$ 660,00
Red de distribución				
cable coaxial #500	\$ 1,00	8.000	m	\$ 8.000,00
Instalación de Red(Distribución)				\$ 70.000,00
Acometida				

Taps	\$ 25,00	380		\$ 9.500,00
Splitter	\$ 2,50	1.320		\$ 3.300,00
cable coaxial RG6	\$ 0,25	40.000	m	\$ 10.000,00
Terminales	\$ 40,00	2.000		\$ 80.000,00
Adecuaciones				
Rack	\$ 450,00	2		\$ 900,00
Climatización	\$ 1500	1		\$ 1.500,00
Adecuaciones Eléctricas	\$ 2000	1		\$ 2.000,00
TOTAL:				\$ 228.305,00

Tabla 9: Valores de los equipos usados en la red HFC

La tabla 10 se detalla el número de trabajadores que se harían cargo de montar la red de distribución de nuestra der HFC

Personal Para Montar Red de Distribución				
Cantidad	Actividad Realizada	Sueldo	Valor total	Valor Anual
8	Técnicos	\$ 400,00	\$ 3.200,00	\$ 44.800,00
2	Ingeniero	\$ 900,00	\$ 1.800,00	\$ 25.200,00
			TOTAL	\$ 70.000,00

Tabla 10: Valores del personal para la Montar la Red de Distribución.

Dependiendo del fabricante de los equipos estos pueden variar en precios, el modelo y las características de operación, pero todo en conjunto busca dar una idea mínima requerida para el despliegue de una red HFC acoplada a nuestras necesidades.

4.2. Ingresos.

Todo el diseño que hasta ahora se ha hecho es para poder brindar TV digital, de audio y video por suscripción, así que nuestros ingresos estarán dados por los diferentes paquetes de televisión digital que brindamos, en principio el análisis de los ingresos se lo hizo con tres paquetes el "Básico SD", el "Plus SD" y el "Full SD+HD", todos los canales que estamos dispuestos a brindar se

detallan en la el anexo 1. Los posibles clientes están dado por la tabla de comportamiento de abonados que lo detalla la tabla del anexo 2.

En cuanto a las tarifas a cobrar estas van desde los \$ 13.00 hasta los \$ 25.00 se tomó como referencia valores de las diferentes proveedores de televisión digital de audio y video por suscripción en el país. En la tabla 10 se muestra el cálculo de los ingresos netos distribuyendo nuestros potenciales clientes entre estos diferentes paquetes, calculando el ingreso en años por cinco años.

TABLA DE INGRESOS NETOS

INGRESOS			AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	
ABONADOS	VALOR (\$)	DISTRIBUCIÓN	610	1320	1320	1320	1320	
BASICO SD	13	50%	\$ 47.580,00	\$ 102.960,00	\$ 102.960,00	\$ 102.960,00	\$ 102.960,00	
PLUS SD	18	40%	\$ 52.704,00	\$ 114.048,00	\$ 114.048,00	\$ 114.048,00	\$ 114.048,00	
FULL SD+ HD	25	10%	\$ 18.300,00	\$ 39.600,00	\$ 39.600,00	\$ 39.600,00	\$ 39.600,00	
TOTAL DE INGRESOS			\$ 118.584,00	\$ 256.608,00	\$ 256.608,00	\$ 256.608,00	\$ 256.608,00	
							TOTAL:	\$ 1.145.016,00

Tabla 11: Ingreso Netos

4.3. Costos.

Los costos fueron divididos en varias secciones: costos de mantenimiento, costos administrativos, costos de proveedores, entre otros; todos estos costos serán fijos los 5 años.

Costos de Personal y mantenimiento: para poder realizar la instalación se necesitará de personal capacitado para lo cual hemos conformado un equipos de instalación y soporte técnico el cual estaría conformado por: dos técnicos en campo un chofer para la movilización y un administrador de la red, se realiza el análisis de los costos anuales del personal el cual se lo puede observar en la tabla 11.

Por otro lado la tabla 12 detalla algunos de los utensilios básicos de aseo personal y de escritorio que se necesitaría a diario.

Mantenimiento y personal				
Cantidad	Actividad Realizada	Sueldo	Valor total	Valor Anual
3	Técnicos	\$ 400,00	\$ 1200,00	\$ 14.400,00
1	Ingeniero	\$ 900,00	\$ 900,00	\$ 10.800,00
1	Chofer	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 4.800,00
1	Recaudadoras	\$ 400,00	\$ 800,00	\$ 9.600,00
1	Financiero	\$ 600,00	\$ 600,00	\$ 7.200,00
1	Conserje	\$ 380,00	\$ 380,00	\$ 4.560,00
Total				\$ 46.560,00

Tabla 12: Valores por costos de mantenimiento

Utensilios de Escritorio y Aseo				
Cantidad/MES	Descripción	Valor unitario	Gasto Mensual	Gasto Anual
Aseo				
6	Jabón de Manos	\$ 0,99	\$ 5,94	\$ 71,28
10	Papel Higiénico	\$ 0,50	\$ 5,00	\$ 60,00
3	Desinfectante	\$ 2,00	\$ 6,00	\$ 72,00
3	Aromatizantes	\$ 3,50	\$ 10,50	\$ 126,00
Escritorio				
5	Hojas de Impresión	\$ 2,50	\$ 12,50	\$ 150,00

2	Tinta	\$ 10,00	\$ 20,00	\$ 240,00
5	Esferos	\$ 0,50	\$ 2,50	\$ 30,00

Tabla 13: Utensilios Básicos.

Costo de Operación: en lo que ahora nos enfocamos es en desglosar todo costo que tenga que ver con la operación del proyecto, incluyendo los costos antes descritos nos tocaría agregar costos mínimos requeridos para el funcionamiento de cualquier empresa de telecomunicaciones como alquiler, transporte, uso de postes del alumbrado público proveedores.

En nuestro caso el proveedor son los satélites los cuales emiten señales codificadas. Para nuestro estudio y poder incluir el costo de “la distribución de las señales codificadas” asignamos valores referenciales los cuales estarán detallados en la tabla 13.

Costos Operación	Cnt.	Valor (\$)	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5
Alquiler local		\$300,00	\$3.600,00	\$ 3.600,00	\$ 3.600,00	\$ 3.600,00	\$3.600,00
Gastos de Oficina		\$749,28	\$749,28	\$749,28	\$749,28	\$ 749,28	\$ 749,28
Servicios		\$ 6.960,00	\$6.960,00	\$6.960,00	\$6.960,00	\$6.960,00	\$ 6.960,00
Seguridad monitoreo		\$120,00	\$1.440,00	\$ 1.440,00	\$ 1.440,00	\$1.440,00	\$1.440,00
Sueldos y Salarios		\$ 46.560,00	\$ 46.560,00	\$ 46.560,00	\$ 46.560,00	\$ 46.560,00	\$ 46.560,00
Transporte		\$200,00	\$ 2.400,00	\$2.400,00	\$ 2.400,00	\$ 2.400,00	\$ 2.400,00
Uso de Postes	486	\$ 2,00	\$11.664,00	\$11.664,00	\$11.664,00	\$11.664,00	\$11.664,00
Proveedores Canales							
SD	60	\$15,00	\$10.800,00	\$10.800,00	\$10.800,00	\$10.800,00	\$10.800,00
HD	15	\$45,00	\$18.900,00	\$18.900,00	\$18.900,00	\$18.900,00	\$18.900,00
Total			\$92.273,28	\$172.882,56	\$172.882,56	\$172.882,56	\$172.882,56

Tabla 14: Costos totales

4.4. Flujo de caja.

En esta subcapítulo procederemos hacer el flujo de caja en base a todos ingresos, inversiones y costos que hemos detallado anteriormente para obtener una utilidad neta del proyecto. Cabe recordar que para los ingresos por los diferentes paquetes de TV que se ofrecen, tienen como escenario la cantidad de clientes que están dado por la tabla de comportamiento de abonados que lo detalla la tabla del anexo 2.

El método a utilizar son el VAN y el TIR que son dos herramientas financieras procedentes de las matemáticas financieras que nos permiten evaluar la rentabilidad de un proyecto de inversión.

Con el VAN que es un indicador que mide los flujos de los futuros ingresos y egresos que tendrá el proyecto, para determinar, si luego de descontar la inversión inicial, nos daría alguna ganancia.

Por otro lado la TIR es la tasa de descuento (TD) de un proyecto de inversión. La TIR es la máxima TD que puede tener un proyecto para que sea rentable, pues una mayor tasa ocasionaría que el beneficio neto actualizado (BNA) sea menor que la inversión (VAN menor que 0). [22]

A continuación en la tabla 14 se adjunta el flujo de caja de nuestro proyecto usando los ingresos, gastos e inversiones detalladas a lo largo del capítulo, hemos utilizado una tasa de descuento del 10% para calcular ambos indicadores.

Flujo de Caja	Años					
	año 0	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5
VALORES						
Ingresos	0	\$ 118.584,00	\$ 256.608,00	\$ 256.608,00	\$ 256.608,00	\$ 256.608,00
Inversiones	\$ 238.545,00		0	0	0	0
Costos		\$ 92.273,28	\$ 172.882,56	\$ 172.882,56	\$ 172.882,56	\$ 172.882,56
FLUJO DE CAJA	\$ (228.545,00)	\$ 26.310,72	\$ 83.725,44	\$ 83.725,44	\$ 83.725,44	\$ 84.085,44
Acumulado	\$ (228.545,00)	\$ (212.234,28)	\$ (128.508,84)	\$ (44.783,40)	\$ 38.942,04	\$ 122.667,48
Tasa de descuento	10%	RESULTADOS				
VAN	\$ 26.645,09					
TIR	14%					

Tabla 15. Flujo de caja.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Con un VAN de \$ 26.645,09 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 14%; el proyecto para brindar el servicio de Televisión Digital Terrestre, audio y video por suscripción, presentado por los autores, demostraría capacidad financiera, siempre y cuando se cumplan sus expectativas de mercado.
2. Con la tecnología de la televisión digital posibilita la encriptación de la señal transmitida con el fin de evitar la piratería del servicio.
3. El uso de amplificadores en la red no serán necesarios ya que las distancias son cortas.

Recomendaciones

1. Es fundamental mantener una impedancia constante (75Ω) a lo largo de la red, para que las pérdidas por reflexiones sean mínimas.
2. Si los contenidos transmitidos son en HD y el receptor no es apto para soportar estos contenidos tampoco se va a notar las ventajas del servicio, por eso el servicio está ligado a un receptor de señales de televisión apropiado.
3. A futuro poder brindar más servicios como internet y telefonía con la red diseñada.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] INEC (2014, Febrero 24). Censo de Población y Vivienda [Online]. Disponible en: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/Portal%20SNI%202014/FICHAS%20F/1201_BABAHOYO_LOS%20RIOS.pdf
- [2] INEC (2014, Marzo 25). Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC'S) 2013 [Online]. Disponible en: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/tecnologias-de-la-informacion-y-comunicacion-tic/>
- [3] ARCOTEL (2015, Septiembre). Suscripciones de TV paga [Online]. Disponible en: <http://www.arcotel.gob.ec/audio-y-video-por-suscripcion/>
- [4] La Hora “Los Ríos” (2014, enero 11). TV AGRO FUERA DEL AIRE [Online]. Disponible en: http://issuu.com/la_hora/docs/la_hora_los_rios_del_11_de_diciembr/7
- [5] Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información (2015, Febrero). Proceso de implementación de la Televisión Digital en el Ecuador [Online]. Disponible en: http://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/PRESENTACION%CC%81N_TDT_MINTEL-Febrero-2015.pdf
- [6] ARCOTEL (2015, Febrero 18). Ley Orgánica de Telecomunicaciones [Online]. Disponible en: <http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/01/ley-organica-de-telecomunicaciones.pdf>
- [7] CNEL (2011, Febrero 15). Sectorización de la ciudad de Babahoyo [Online]. Disponible en: <http://www.cnel.gob.ec>
- [8] CATV (2015, Diciembre12). Historia de la TV por cable [Online]. Disponible en: <http://www.televisionporcablecatv.com.uv>
- [9] Loaiza A. “Diseño de la cabecera (Headend) de una empresa de CATV para proveer televisión de alta definición (HDTV) en las ciudades de Quito y Guayaquil utilizando una arquitectura redundante”. Tesis de Ingeniería, FIEC, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. 2011.

- [10] Monografías.com (2013, Enero). Formatos de Televisión Digital [Online]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf4/formatos-video-digital/formatos-video-digital.pdf>
- [11] ARRIS (2015, Enero 15). TRANSPORT MULTIPLEXER TMX-2010 [Online]. Disponible en: <http://www.arris.com/products/tmx-2010/>
- [12] Illescas C., Illescas J. “Estudio previo para la implementación del sistema triple play en una re HFC de la empresa sevicable”. Tesis de Ingeniería, Facultad de Ingenierías, Universidad Politécnica Salesiana de Cuenca, Cuenca, Ecuador. 2010
- [13] ARRIS (2015, Enero 15). OMNISTAR GX2 PLATAFORM OVERVIEW [Online]. Disponible en: <http://www.arris.com/products/omnistar-gx2-platform-overview/>
- [14] SCRIBD (2015, Enero). HFC. Hyber Fiber Coax. Redes híbridas de fibra óptica y cable coaxial [Online]. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/51771870/diapositivas-rede/>
- [15] Large D., Farmer J., “Coaxial RF Technology”, Broadband cable Access networks. The HFC plant. Estados Unidos: Morga Kaufmann, 2009.
- [16] CHANG J., Macías. “Diseño de Redes HFC Para Distribución de Señales Digitales de Televisión”. Tesis Ingeniería. FIEC, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador. 2013.
- [17] ITU (2016, Enero). Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales [Online]. Disponible en: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G/s/>
- [18] McClatchie Frank, WHAT IS RETURN LOSS, AND WHY SHOULD I MEASURE IT?. FM Systems, USA [Online]. Disponible en: <http://www.fmsystems-inc.com/manuals/RETURN%20LOSSart.pdf>.
- [19] McClatchie F (2016, Enero). What is return loss, and why should i measure it? [Online]. Disponible en:
[http://www.fmsystems-inc.com/manuals/RETURN%20LOSSart.pdf/](http://www.fmsystems-inc.com/manuals/RETURN%20LOSSart.pdf)
- [20] Prezi (2016, Enero). Frecuencias de Operación (Ku, Ka, C, L) [Online]. Disponible en: <https://prezi.com/rcpv2zhyvset/frecuencias-de-operacion-ku-ka-c-y-l/>

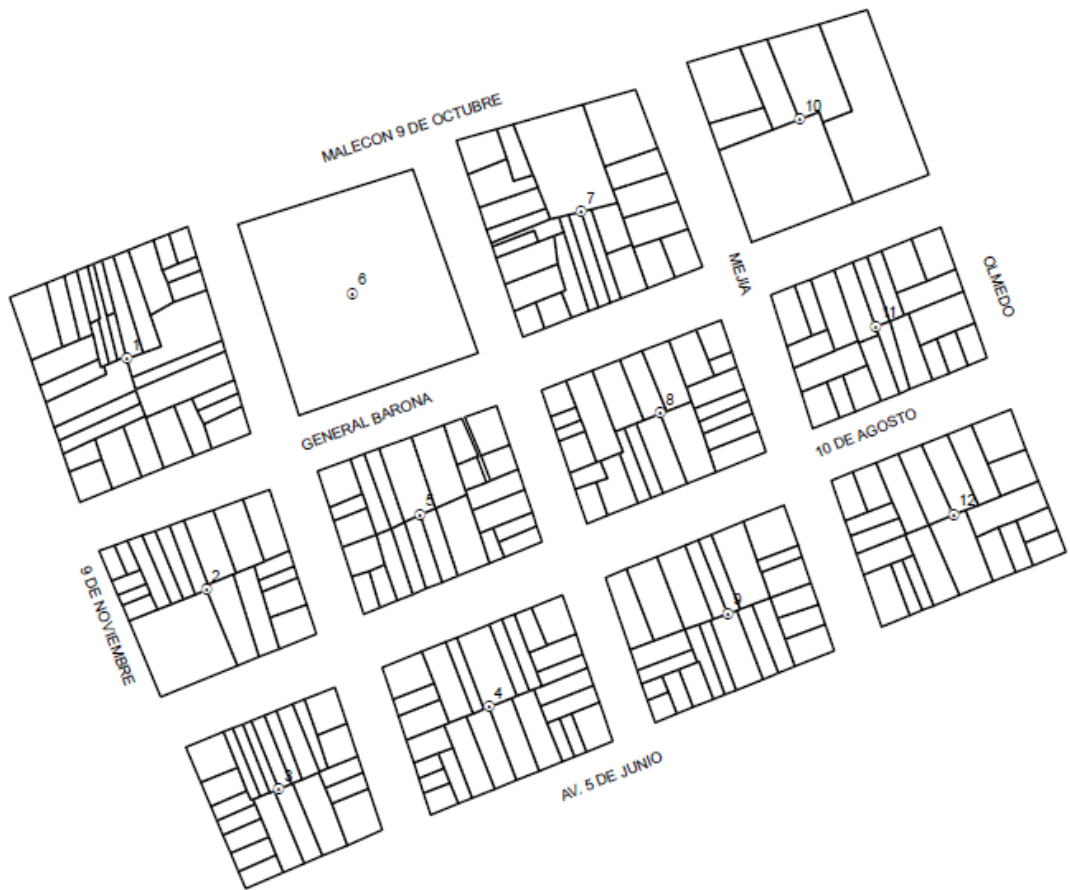
[21] Portaleds (2016, Enero). Posición de Satélites [Online]. Disponible en: <http://www.portaleds.com/espanol/listar.php?sat=2432&cod=cod&sis=DVB-S>

[22] CreceNegocios (2016, Enero). El VAN y El TIR [Online]. Disponible en: <http://www.crecenegocios.com/el-van-y-el-tir>.

ANEXOS

ANEXO 1

AREA 1 DEL SECTOR 1



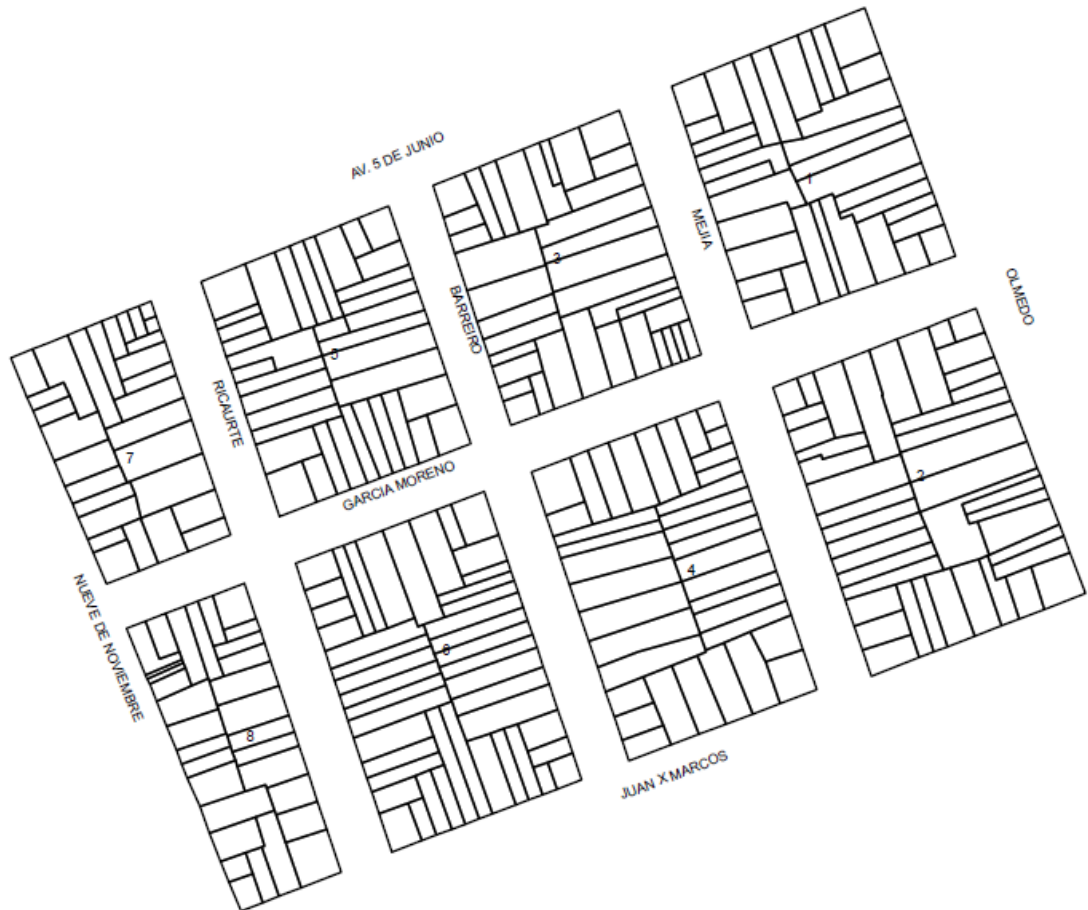
ANEXO 2

AREA 2 DEL SECTOR 1

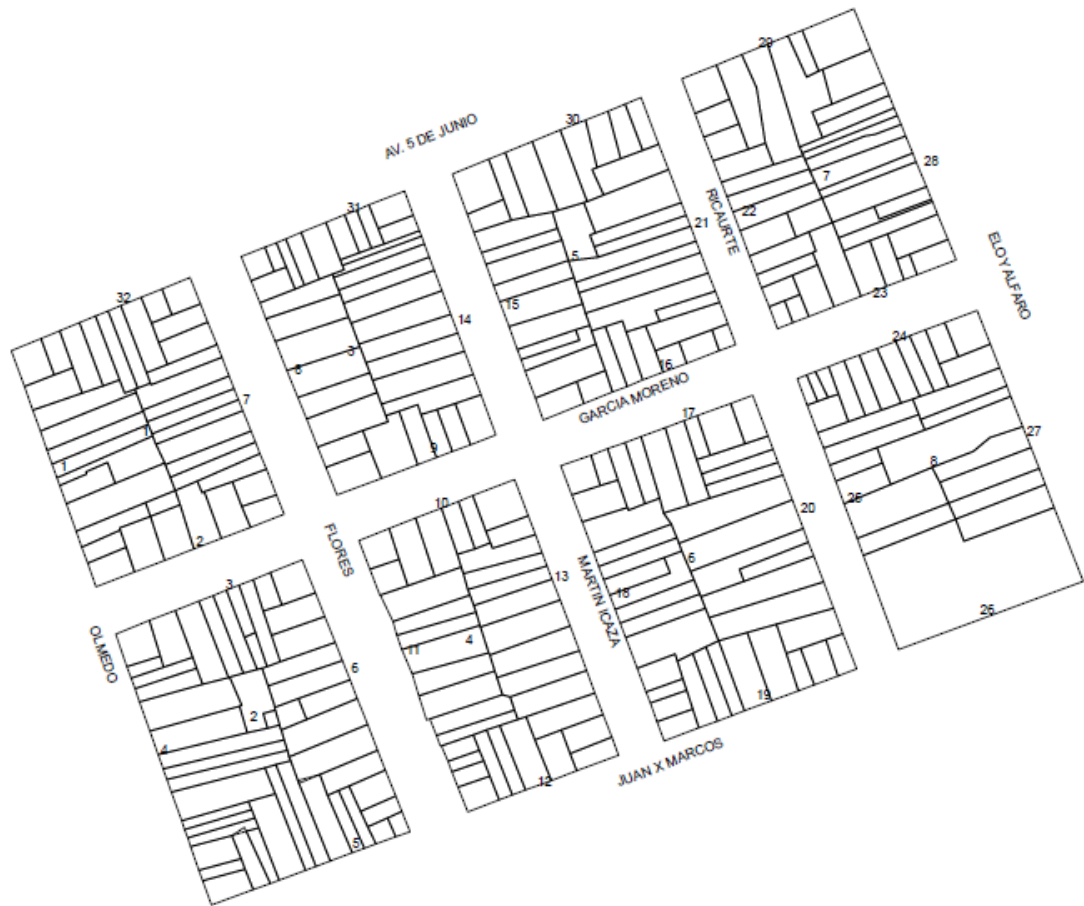


ANEXO 3

AREA 3 DEL SECTOR 1

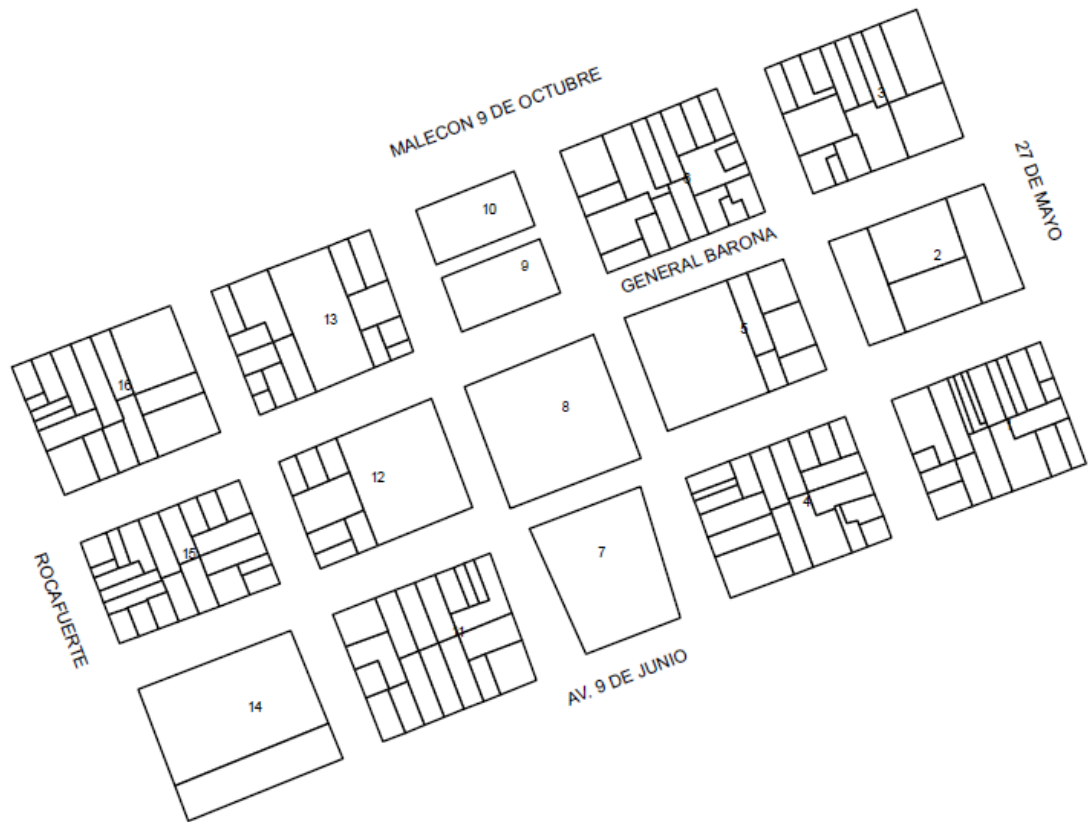


ANEXO 4
AREA 4 DEL SECTOR 1



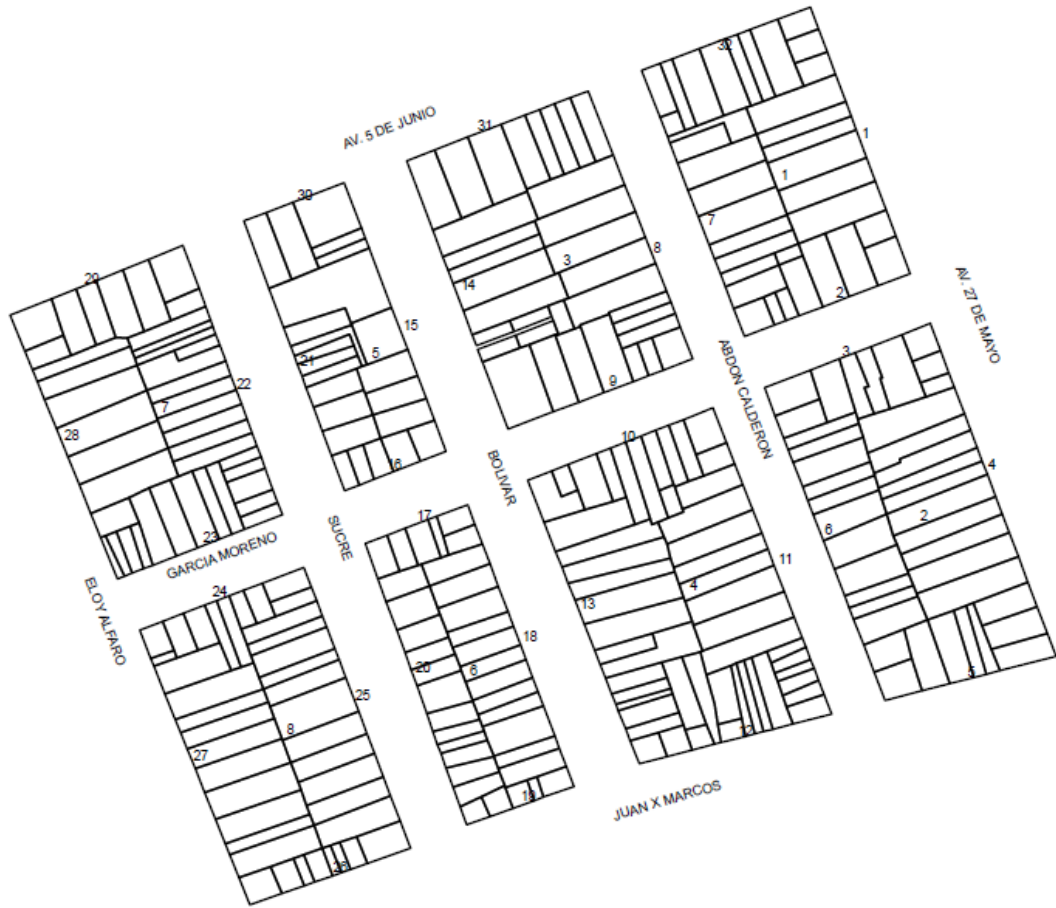
ANEXO 5

AREA 5 Y 6 DEL SECTOR 2



ANEXO 6

AREA 7 Y 8 DEL SECTOR 2



ANEXO 7

CANALES SD Y HD

No .	Nombre	Tipo de Canal	Origen	Sitio
1	Gama TV Ecuador	Codificado	Ecuador	www.gamatv.com.ec
2	Canal Uno Ecuador	Codificado	Ecuador	www.canal1TV.com
3	Ecuador TV	Libre	Ecuador	www.ecuadortv.ec
4	TC Televisión	Libre	Ecuador	www.tctelevision.com
5	Ecuavisa	Libre	Ecuador	www.ecuavisa.com
6	Oromar Televisión	Libre	Ecuador	www.oromartv.com
7	TeleAmazonas	Codificado	Ecuador	www.teleamazonas.com
8	RTS Ecuador	Libre	Ecuador	www.rts.com.ec
9	Discovery Kids Latino	Infantil	USA	www.tudiscoverykids.com
10	Nickelodeon Latino	Codificado	USA	www.mundonick.com
11	Cartoon Network Latino	Codificado	Argentina	www.cartoonnetworkla.com
12	Disney Channel Latino	Codificado	Argentina	www.disneylatino.com
13	Disney XD Latino	Codificado	Argentina	www.disneylatinno.com/disneyxd
14	Boomerang Latino	Codificado	Argentina	www.boomerangla.com
15	Disney Junior	Codificado	USA	www.disneylatino.com
17	Canal FOX / HD	Codificado	Argentina	www.canalfoc.com
18	Universal / HD	Codificado	Argentina	www.studiouniversal.com
19	Space	Codificado	Argentina	www.canalspace.tv
20	Studio Universal	Codificado	USA	www.studiouniversal.com
21	FX	Codificado	Argentina	www.canalfx.com
22	TCM	Codificado	Argentina	www.tcmla.com
23	Warner Channel / HD	Codificado	USA	www.warnerchannel.com
24	Sony Entertainment TV / HD	Codificado	Argentina	www.canalsony.com
25	AXN / HD	Codificado	A.Latina	www.canalaxn
26	E! Entertainment	Codificado	A.Latina	www.eonlinelatino.com
27	A&E / HD	Codificado	USA	www.canalaetv.com
28	TNT Series	Codificado	USA	www.tntla.com
29	Discovery Home & Health	Codificado	A.Latina	www.tuhomeandhealth.com
30	Travel & Living Channel	Codificado	A.Latina	www.tlctv.com

32	Canal de las Estrellas	Codificado	México	www.televisanetworks.tv/perfil.asp?idec=5
33	Fox Life	Codificado	Argentina	www.foxlife.tv
35	Telemundo	Codificado	USA	www.telemundointernacional.com
36	LifeTime	Codificado	USA	www.milifetime.tv
37	Telenovelas	Codificado	México	www.televisanetworks.tv
38	Fox Sports / HD	Codificado	Argentina	www.foxsportsla.com
39	ESPN / HD	Codificado	Argentina	www.espn.deportes.espn.go.com
40	ESPN +	Codificado	A.Latina	www.espn.deportes.espn.go.com
41	Fox Sports 3	Codificado	Argentina	www.foxsportsla.com
42	Discovery Channel	Codificado	A.Latina	www.tudiscovery.com
43	Animal Planet	Codificado	A.Latina	www.animalplanetlatino.com
44	National Geographic	Codificado	Argentina	www.natgeo.tv
45	The History Channel / HD	Codificado	USA	www.tuhitory.com
47	CNN en Español	Codificado	USA	www.cnnenespoanl.com
48	Telesur	Codificado		www.telesur.tv.net
49	Russia Today	Codificado	Rusia	www.actualidad.rt.com
50	MTV	Codificado	Argentina	www.mtvla.com
51	HTV	Codificado	Argentina	www.htv.com
52	Paramount	Codificado	USA	www.paramountchannels.com
53	TNT	Codificado	Argentina	www.tnt.com
54	Golden / HD	Codificado	México	www.televisanetworks.tv/perfil.asp?idc=20
55	Film Zone	Codificado	Argentina	www.thefilmzone.tv
56	CineCanal / HD	Codificado	Argentina	www.cinecanal.com
57	De Película	Codificado	México	www.televisanetworks.tv
58	Cinemax	Codificado	USA	www.hbomax.tv/cinemax
61	Discovery World HD	Codificado	USA	www.tudiscovery.com
63	Nat Geo Wild HD	Codificado	Argentina	www.audionet.net.ar/login.htm
71	AMC HD	Codificado	Argentina	www.amctv.la

