

**ESTUDIO TÉCNICO DE CAMPO, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL  
PROYECTO CONEXIÓN TOTAL, KIOSCOS VIVE DIGITAL EN EL CENTRO  
EDUCATIVO RURAL PADRE LUIS ANTONIO ROJAS SEDE JUAN PÉREZ EN  
EL MUNICIPIO DE TOLEDO.**

**ZULMA JUDITH JULIO BASSA**



**PROGRAMA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES DEPARTAMENTO  
DE INGENIERÍAS E.E.S.T.  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURAS  
UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
PAMPLONA, JULIO 17 DE 2015**

**ESTUDIO TÉCNICO DE CAMPO, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL  
PROYECTO CONEXIÓN TOTAL, KIOSCOS VIVE DIGITAL EN EL CENTRO  
EDUCATIVO RURAL PADRE LUIS ANTONIO ROJAS SEDE JUAN PÉREZ EN  
EL MUNICIPIO DE TOLEDO.**

**ZULMA JUDITH JULIO BASSA**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
INGENIERA EN TELECOMUNICACIONES**

**Director: Ing. EDWIN MAURICIO SEQUEDA ARENAS  
INGENIERO ELECTRÓNICO**



**PROGRAMA DE INGENIERIA DE TELECOMUNICACIONES DEPARTAMENTO  
DE INGENIERÍAS E.E.S.T.  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURAS  
UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
PAMPLONA, JULIO 17 DE 2015**

## DEDICATORIA

A mi madre, que con su apoyo y ejemplo de superación, me hicieron salir delante y alcanzar esta meta, ya que siempre estuvo impulsándome en los momentos de mayor dificultad en mi carrera y gracias a ella tengo el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida.

A mi hijo, que es mi alegría y por quien lucho incansablemente para seguir creciendo y alcanzando metas y logros.

A mi hermana, tía madrina, prima Daniela y amigos, que me han inculcado a ser mejor cada día, no bastarían las palabras para agradecer los consejos y apoyo incondicional en momentos difíciles.

A todos, mil gracias.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a nuestro padre celestial por darnos lo que tenemos y somos, a los profesores que de una y otra manera estuvieron en este proceso de formación profesional.

A mis compañeros y amigos por los momentos compartidos, por las palabras de aliento y por toda la ayuda brindada en estos años de estudio.

A nuestras familias, quienes con su amor y esfuerzo han invertido en nosotros y nos han formado como personas capaces de afrontar la vida con lealtad y compromiso.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	15
PROBLEMA.....	16
INTRODUCCIÓN.....	17
JUSTIFICACIÓN.....	18
OBJETIVOS.....	20
OBJETIVO GENERAL.....	20
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	20
1 MARCO TEÓRICO.....	21
1.1 REDES VSAT .....	21
1.2 ELEMENTOS DE UNA RED VSAT .....	21
1.2.1 Hub.....	21
1.2.2 Estación terrena .....	21
1.2.3 Segmento Espacial. ....	22
1.3 ARQUITECTURA DE REDES VSAT .....	24
1.3.1 Topología en estrella.....	24
1.3.2 Topología en malla.....	25
1.4 FRECUENCIAS DE TRABAJO DE UNA RED VSAT .....	26
1.5 PROTOCOLO DE ACCESO MULTIPLE .....	27
1.5.1 Protocolo de acceso FDMA.....	28
1.5.2 Protocolo de Acceso TDMA .....	29
1.5.3 Protocolo de acceso CDMA .....	30
1.5.4 Acceso múltiple mediante acceso aleatorio (ALOHA) .....	31
1.5.5 Acceso múltiple mediante asignación bajo demanda (DAMA) .....	33
1.6 ESQUEMA DE MODULACIÓN EN SISTEMAS VSAT .....	34
1.6.1 Transmisión por desplazamiento de fase binaria (BPSK) .....	34

1.6.2	Codificación en M-ario.....	38
1.6.3	Transmisión por Desplazamiento de fase Cuaternaria (QPSK) .....	39
1.6.4	PSK de ocho fases (8-PSK) .....	43
1.6.5	PSK de dieciséis fases (16-PSK) .....	47
2	METODOLOGÍA.....	48
3	INSTALACIÓN CONFIGURACIÓN Y RESULTADOS .....	49
3.1	ESTUDIO TÉCNICO DECAMPO.....	49
3.2	SATÉLITE .....	50
3.3	EQUIPOS DE RED .....	51
3.3.1	Unidad interna (IDU) .....	52
3.3.2	La antena parabólica.....	54
3.3.3	La unidad Externa (ODU).....	54
3.4	DISEÑO DE RED EN FUNCIÓN A LA TECNOLOGÍA UTILIZADA .....	55
3.4.1	Calculo de la distancia de la estación terrena hasta el satélite. ....	57
3.4.2	Ángulo de elevación y ángulo de azimut de las estaciones terrenas .	57
3.4.3	Diseño del enlace de subida para transmisión de internet .....	59
3.4.4	Diseño del enlace de bajada para recepción de internet.....	64
3.4.5	Ancho de banda requerido para enlace de internet .....	68
3.5	INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL KIOSCO VIVE DIGITAL .....	73
3.5.1	Implementación de la Estación Remota .....	73
3.5.2	Armado de la antena .....	75
3.6	PROCEDIMIENTO DE CONFIGURACIÓN DEL MODEM HUGHES HX90 78	
3.6.1	Acceso al Modem.....	79
3.6.2	Carga de Imagen Router Mikrotik.....	94
3.6.3	Configuración del Audiocodes MP-202. ....	100
3.6.4	Configuración del AP TP – LINK .....	105
4	RESULTADOS .....	107
4.1	PRUEBAS DE CONECTIVIDAD Y NAVEGACIÓN .....	107
4.1.1	Prueba de Velocidad FTP .....	107

4.1.2	Prueba de Velocidad .....	110
4.1.3	Prueba Tracert .....	112
4.1.4	Pruebas de Ping.....	113
5	CONCLUSIÓN .....	114
6	RECOMENDACIONES .....	116
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	117
	ANEXOS.....	119

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1 Tipos de satélite según su función y la órbita que utilizan. ....	23
Tabla 3.1 especificaciones técnicas de la antena de la estación terrena.....	54
Tabla 3.2 Coordenadas de localización de la vereda Juan Pérez. ....	55
Tabla 3.3 Ángulos visuales de la vereda Juan Pérez. ....	58
Tabla 3.4 Resultados del enlace de subida para la conexión a internet. ....	64
Tabla 3.5 Resultados del enlace de bajada para la conexión a internet. ....	68

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 Tipos de satélites dependiendo de su órbita.....	24
Figura 1.2 Red VSAT en forma de estrella. A) Topología típica; B) Red VSAT simplificada de 4 estaciones. ....	25
Figura 1.3 Red VSAT en forma de malla. a) Topología típica; b) Red VSAT simplificada de 3 estaciones. ....	26
Figura 1.4 Acceso Múltiple por División de Frecuencia. ....	28
Figura 1.5 Acceso Múltiple por división de tiempo. ....	30
Figura 1.6 Acceso múltiple por división de códigos. ....	31
Figura 1.7 diagrama de bloque de un transmisor BPSK. ....	35
Figura 1.8 Diagrama fasorial, tabla de verdad y diagrama de constelación para un modulador BPSK. ....	36
Figura 1.9 Forma de onda BPSK.....	37
Figura 1.10 Diagrama de bloques de un receptor BPSK.....	38
Figura 1.11 Diagrama de bloques de un modulador QPSK.....	40
Figura 1.12 Diagrama fasorial, diagrama de constelación y tabla de verdad para un modulador QPSK.....	41
Figura 1.13 Diagrama de bloque de un receptor QPSK.....	42
Figura 1.14 diagrama a bloques de un modulador de 8-PSK.....	44
Figura 1.15 Diagrama fasorial, diagrama de constelación y tabla de verdad para un modulador 8-PSK.....	45
Figura 1.16 Diagrama a bloques de un receptor de 8-PSK.....	46
Figura 1.17 Tabla de verdad y diagrama de constelación para un transmisor 16-PSK.....	47
Figura 2.1 Esquema de la metodología utilizada.....	48
Figura 3.1 Cobertura del satélite Eutelsat 117 West A para américa del sur.....	51
Figura 3.2 Mapa de ubicación de la estación terrena VSAT.....	56

Figura 3.3 Esquema de los componentes de la Red VSAT a instalar.....	72
Figura 3.4 Polarización del RF integrada.....	76
Figura 3.5 Ajuste del azimut y la elevación de la antena. ....	77
Figura 3.6 Recorrido del cable desde la RF por el mástil de la antena hasta el modem.....	78
Figura 3.7 Diagrama de montaje para acceso al modem. ....	79
Figura 3.8 Configuración de los parámetros de red en el PC. ....	80
Figura 3.9 ingreso al terminal remoto. ....	81
Figura 3.10 Menú advanced configuration and statistics. ....	82
Figura 3.11 configuración manual vsat. ....	83
Figura 3.12 Configuración de parámetros de la estación remota.....	84
Figura 3.13 Señal de apuntamiento de la antena. ....	85
Figura 3.14 Proceso de registro del Modem HX 90. ....	86
Figura 3.15 Proceso de descarga de archivo para registro del Modem.....	87
Figura 3.16 Confirmación de registro del Modem. ....	88
Figura 3.17 Confirmación de Registro del Modem.....	89
Figura 3.18 Verificación de Configuración del Modem.....	90
Figura 3.19 Verificación de Operación de la Estación Remota.....	92
Figura 3.20 Verificación de Operación de la Estación Remota.....	93
Figura 3.21 Sistema de Operación de la Estación Remota. ....	94
Figura 3.22 Herramienta Winbox. ....	95
Figura 3.23 Escáner de la Mac de la Herramienta Winbox.....	96
Figura 3.24 Herramienta Winbox. ....	96
Figura 3.25 Carga de Imagen del Router Mikrotik ....	97
Figura 3.26 Configuración del Router Mikrotik. ....	98
Figura 3.27 Configuración del Router Mikrotik. ....	98
Figura 3.28 Configuración del Router Mikrotik. ....	99
Figura 3.29 Información de los parámetros de Configuración del Router Mikrotik. .....	100
Figura 3.30 Configuración Avanzada del AudioCodec MP-202. ....	101

Figura 3.31 Configuración Avanzada de la WAN Ethernet del AudioCodec MP-202. .....	101
Figura 3.32 Submenú de Voz Sobre IP del AudioCodec MP-202.....	102
Figura 3.33 Submenú de Voz Sobre IP del AudioCodec MP-202.....	102
Figura 3.34 Configuración de la Exención del AudioCodec MP-202.....	103
Figura 3.35 Monitoreo del Sistema del AudioCodec MP-202. ....	104
Figura 3.36 Monitoreo del Sistema del AudioCodec MP-202. ....	104
Figura 3.37 Interfax de Configuración del AP PT – LINK.....	105
Figura 3.38 Carga del archivo del AP PT – LINK.....	106
Figura 3.39 Carga del archivo del AP PT – LINK.....	106
Figura 4.1 Prueba FTP. ....	107
Figura 4.2 Prueba FTP. ....	108
Figura 4.3 Prueba FTP. ....	108
Figura 4.4 Prueba FTP. ....	109
Figura 4.5 Prueba FTP. ....	109
Figura 4.6 Prueba FTP. ....	110
Figura 4.7 Prueba de Velocidad.....	111
Figura 4.8 Prueba Tracert con la Pagina Web de Gobierno en Línea. ....	112
Figura 4.9 Prueba de Ping con la Pagina Web de <a href="http://www.mintic.gov.co">www.mintic.gov.co</a> .....	113

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1 Certificado de Población.....	120
Anexo 2 Estudio Técnico de Campo.....	121
Anexo 3 Especificaciones técnicas de la antena .....	138
Anexo 4 Característica Técnicas del Modem Hughes HX 90. ....	139
Anexo 5 Característica Técnicas de la Router Board RB 750 .....	141
Anexo 6 Característica Técnicas del Audiocodes MP 202.....	142
Anexo 7 Característica Técnicas del Router TP-LINK .....	144
Anexo 8 Evidencia de Instalación. ....	147
Anexo 9 Acta de Instalación. ....	149



## RESUMEN

Este proyecto describe una solución tecnológica de función social, en el que se integra el proceso de implementación de enlaces satelitales como alternativa de solución para comunicaciones en zonas aisladas con una red inalámbrica de computadores. Se inicia con un estudio técnico de campo, donde se elabora un diagnóstico situacional de la infraestructura física y tecnológica de la institución; se detalla el proceso de instalación y la configuración de la conexión satelital y la configuración de los equipos que componen la estación.

La tecnología utilizada es la del VSAT (Very Small Aperture Terminal) teniendo como operador del servicio la Unión Temporal IPK – Anditel S.A, el modem satelital utilizado es el Hughes HX 90, el satélite utilizado es el Eutelsat 117 west A (antiguo satmex 8) tiene una posición orbital de 116.8° al Oeste y para este caso trabaja en la banda de en frecuencia Ku con 40 trasponder ambas frecuencias con una polarización lineal.

El trabajo comienza con un breve estudio teórico de los sistemas VSAT, apoyado en consultas bibliográficas, con el fin de reunir la información necesaria para establecer los parámetros de diseño necesarios que darán forma a una solución tecnológica planteada. Una vez diseñado el enlace VSAT se procede a la instalación y configuración del mismo, dejando activo el servicio que estas redes proveen.

## **PROBLEMA**

Hoy día los servicios de telecomunicaciones se han convertido en un servicio de uso cotidiano, estas prácticas tienden a ser una necesidad en las personas para crecer tanto profesional como personal. Esto ha llevado, a que estas redes se expandan desde las ciudades donde un gran porcentaje de sus habitantes poseen nivel económico para cubrir estas necesidades, sin embargo que sucede en zonas más dispersas donde los costos de despliegue de tecnología terrestre tradicional son demasiado elevados. El gobierno nacional en la última década, ha destinado recursos para garantizar el acceso comunitario a las TIC (Tecnología de la información y la comunicación), iniciando con el programa de Compartel de Telecentros que buscaba el acercamiento de las comunidades a la red de datos y a las comunicaciones telefónicas con el resto del mundo. Esta iniciativa, está dirigida a zonas rurales de difícil acceso donde la población se caracterizaría por poseer una menor capacidad de pago y donde aquellas empresas comerciales que prestan el servicio de telecomunicación en el país, se les dificultaría llegar a competir en estos mercados por sí sola debido a la dificultad del despliegue de infraestructura por elevados costos y factores de aislamiento geográfico.

De este proyecto se beneficiarán instituciones públicas en cabeceras municipales con redes de acceso local, con capacidades que responden a sus necesidades de servicios de Tecnologías de Información, las cuales se han dimensionado para ser actualizables, escalables y sostenibles en el tiempo de vida útil del proyecto.

## INTRODUCCIÓN

El rápido crecimiento de las comunicaciones, la tecnología satelital ha presentado un avance acelerado de acorde a la demanda del mercado entregando servicios complementarios como VoIP y video, conferencias y extensiones de LAN que proporcionan recursos de conectividad a los usuarios finales. Las redes de comunicación VSAT poseen un uso significativo en la interconexión de terminales terrestre con difícil acceso geográfico, ya que proporcionan una solución al problema de acceso a la comunicación de una forma segura y confiable, llevando a la comunidad un desarrollo económico y social.

El desarrollo de las comunicaciones de la información está produciendo un cambio sustancial, donde cada día es necesario desarrollar tecnología de punta que permitan ejecutar enlaces de larga distancia en corto tiempo. El uso de tecnología basada en accesos satelitales de pequeña apertura, permite dar solución de los servicios de telecomunicación en zonas rurales.

Este trabajo documenta los procedimientos técnicos necesarios para la instalación de una estación terrena VSAT, detallando el procedimiento desde el estudio técnico de campo, diseño, instalación y puesta en marcha del servicio de internet y telefonía comunitario y de esta manera también ofrecer servicio complementarios en la vereda Juan Pérez del municipio de Toledo proporcionando recursos de conectividad y continuidad a los usuarios finales.

## JUSTIFICACIÓN

Las telecomunicaciones se han convertido en un servicio de uso cotidiano. Esto ha llevado, a que estas redes se expandan desde las ciudades donde un gran porcentaje de sus habitantes poseen nivel económico para cubrir estas necesidades, hacia zonas más dispersas donde la brecha digital está asociada a diferentes factores como: baja densidad demográfica, despliegue de infraestructura, falta de solución eléctrica en diferentes zonas del país, entre otros factores que dificultan el despliegue de las redes de telecomunicaciones. Esta iniciativa, estuvo dirigida a zonas rurales de difícil acceso donde la población se caracteriza por poseer una menor capacidad de pago y donde aquellas empresas comerciales que prestan el servicio de telecomunicación en el país, se les ha dificultado llegar a competir en estos mercados por factores de aislamiento geográfico.

Para asegurar el cumplimiento de La Ley 1341 de 2009<sup>1</sup>, que identifica a las TIC como una política de Estado que involucra a todos los sectores y niveles de la administración pública y de la sociedad; para contribuir al desarrollo educativo, cultural, económico, social y político e incrementar la productividad, la competitividad, el respeto a los Derechos Humanos inherentes, la inclusión social y garantizar la igualdad de acceder todos los colombianos a los servicios TIC; el Ministerio de TIC retomó las iniciativas de los centros de acceso comunitario reforzando, desarrollando y ejecutando proyectos de gran importancia como una herramienta indispensable para el desarrollo de nuestras actividades cotidianas.

El centro educativo rural padre Luis Antonio Rojas sede Juan Pérez en el municipio de Toledo es una de las instituciones públicas que fueron beneficiadas con el proyecto KIOSCOS VIVE DIGITAL, que son puntos de acceso al público

---

<sup>1</sup>Por la cual se definen Principios y conceptos sobre la sociedad de la información y la organización de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones -TIC-, se crea la Agencia Nacional del Espectro y se dictan otras disposiciones.

para servicios de telefonía y conectividad a internet, con capacidades que responden a sus necesidades de servicios de Tecnologías de Información, las cuales se han dimensionado para ser actualizables, escalables y sostenibles en el tiempo de vida útil del proyecto.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Diseñar, instalar y entregar soluciones tecnológicas que mejoren la infraestructura del ecosistema digital para beneficiar con un punto de acceso a telefonía y conectividad a internet el centro educativo rural padre Luís Antonio Rojas sede Juan Pérez.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ❖ Elaborar el estudio técnico de campo en la institución beneficiada.
- ❖ Establecer el diseño de la red en función a la tecnología y protocolo de comunicación y determinar los equipos de red y de interconexión del Kiosco Vive Digital.
- ❖ Realizar el proceso de instalación y configuración del Kiosco Vive Digital.
- ❖ Ejecutar pruebas de conectividad de los servicios instalados.

# 1 MARCO TEÓRICO

## 1.1 REDES VSAT

VSAT, por sus siglas en inglés corresponde a Very Small Aperture Terminal, o antena de apertura muy pequeña. En sus inicios, en la década de los 80s, consistía en un sistema propietario de comunicaciones satelitales conducido por Telecom General en los Estados Unidos, que facilitaba la transferencia de información entre localidades remotas por medio de esquemas propietarios. Los sistemas VSAT son redes de comunicación por satélite que permiten el establecimiento de enlaces entre un gran tamaño de estaciones remotas con la estación central normalmente llamada Hub cuyas capacidades son considerablemente altas, el satélite, y las pequeñas estaciones terrenas, que en general usan antenas menores a 3.8m de diámetro. Estos sistemas están diseñados para transmitir y recibir datos con capacidades moderadas, convirtiéndose así en equipos de fácil acceso e instalación, permitiendo mantener en línea a comunidades alejadas, y dando vida y continuidad a pequeñas y grandes empresas con operación en sectores fuera de las áreas urbanas [1].

## 1.2 ELEMENTOS DE UNA RED VSAT

### 1.2.1 Hub

Es la estación central de una red VSAT y esta no es más que una estación más dentro de la red con la particularidad de que es más grande, ya que la antena es del orden de los 15 metros de diámetro y maneja mayor potencia de emisión.[2]

### 1.2.2 Estación terrena

Una estación VSAT está conformada por:

- ❖ Outdoor Unit (ODU): Es la interfaz de la red VSAT con el satélite. En esta parte está la antena y también el aplicador de transmisión, el receptor de bajo ruido, los conversores de subida y de bajada, y el sintetizador de frecuencia. Tienen importancia los siguientes parámetros: las bandas de frecuencia de transmisión y recepción, la PIRE (Potencia Isotrópica Radiada Equivalente), la figura de mérito G/T (que depende de la ganancia de la antena, de su tamaño y frecuencia de recepción, y de la temperatura de ruido del receptor) y el nivel de lóbulos secundarios (SLL).
- ❖ Indoor Unit (IDU): Es la interfaz con el terminal de usuario o con la red de área local. Está situada en las instalaciones del usuario. Para conectar sus terminales con la red VSAT, se debe acceder a los puertos que la unidad tiene en su parte trasera. Son parámetros importantes: el número de puertos, su tipo y su velocidad [3].

### 1.2.3 Segmento Espacial.

Es un elemento de gran importancia dentro de las redes VSAT ya que es el único canal por donde se realiza la comunicación. Existen distintas características del satélite que se deben estudiar al momento de elegirlo: su posición relativa respecto a la red VSAT, que determina la orientación de la antena y el retardo de propagación; otro aspecto es la velocidad relativa respecto a la Tierra, que introduce desplazamientos por efecto Doppler.

En la actualidad nos podemos encontrar con diferentes tipos de satélites, según la órbita en la que operen, los más utilizados en sistemas VSAT son los geoestacionarios (GEO) que son satélites con terminales fijas que tienen una altitud de 35.786 km y están ubicados sobre el Ecuador, aunque cada vez más se está tratando la posibilidad de utilizar satélites no geoestacionarios para redes VSAT [2].

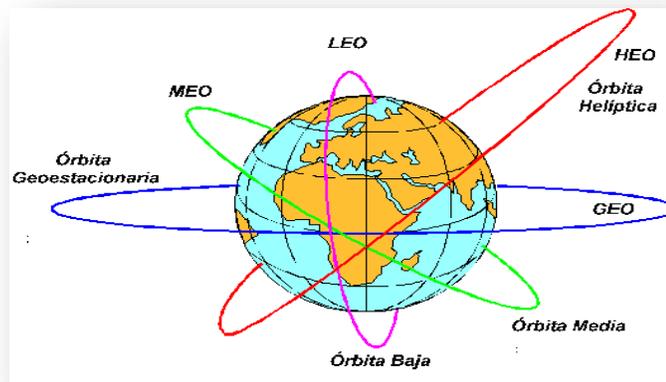
En la Tabla 1.1 se puede observar la característica de satélite según la órbita que utilizan.

**Tabla 1.1** Tipos de satélite según su función y la órbita que utilizan.

TIPOS DE ÓRBITA	ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR	VELOCIDAD DEL SATÉLITE	FUNCIÓN DEL SATÉLITE	VENTAJAS
Órbita baja	250-1 500 km	25 000-28 000 km/hr.	Comunicaciones y observación de la Tierra	Poco retraso en las comunicaciones. Se requiere menor potencia.
Órbita polar	500-800 km sobre el eje polar	26 600-27 300 km/hr.	Clima y Navegación	Están perpendiculares sobre la línea del Ecuador, por lo que pueden observar distintas regiones de la Tierra.
Órbita geoestacionaria	35 786 km sobre el Ecuador	11 000 km/hr.	Comunicaciones, clima, Navegación y GPS.	Al dar la vuelta a la Tierra a su misma velocidad, siempre observa el mismo territorio

Órbita elíptica	Perigeo (cuando está más cerca de la Tierra) 200- 1 000 km Apogeo (cuando está más lejos) ~ 39 000 km	~34 200 km/hr. ~5 400 km/hr.	Comunicaciones	Servicios a grandes latitudes.
-----------------	---	---------------------------------	----------------	--------------------------------

**Figura 1.1** Tipos de satélites dependiendo de su órbita.



Fuente [aulasat.wikispaces.com](http://aulasat.wikispaces.com)

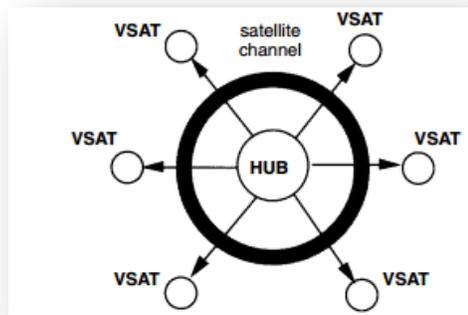
### 1.3 ARQUITECTURA DE REDES VSAT

Las principales arquitecturas de un sistema VSAT son la topología en estrella o topología en malla, la razón para elegir una arquitectura u otra se basa en la estructura del flujo de la información en la red, el retardo de información y la capacidad y calidad requerida en el enlace.

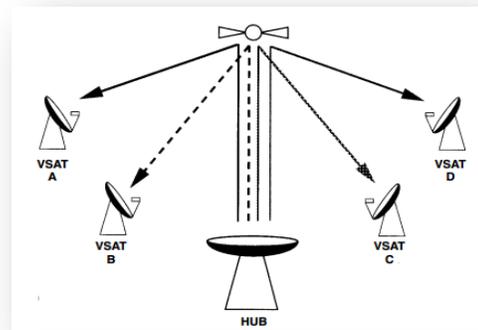
#### 1.3.1 Topología en estrella

Las redes en estrella surgen por la necesidad de requisitos de potencia, que no se cumplirían con el reducido tamaño de las antenas y con la limitación de potencia del satélite, y sí al incluir el Hub. En la topología en estrella, cada terminal VSAT transmite y recibe solamente hacia y desde la estación central. Esto no impide que las terminales VSAT puedan comunicarse entre sí, porque la comunicación de VSAT a VSAT puede encaminarse por la estación central usando un doble salto de satélite [4].

**Figura 1.2** Red VSAT en forma de estrella. A) Topología típica; B) Red VSAT simplificada de 4 estaciones.



A)



B)

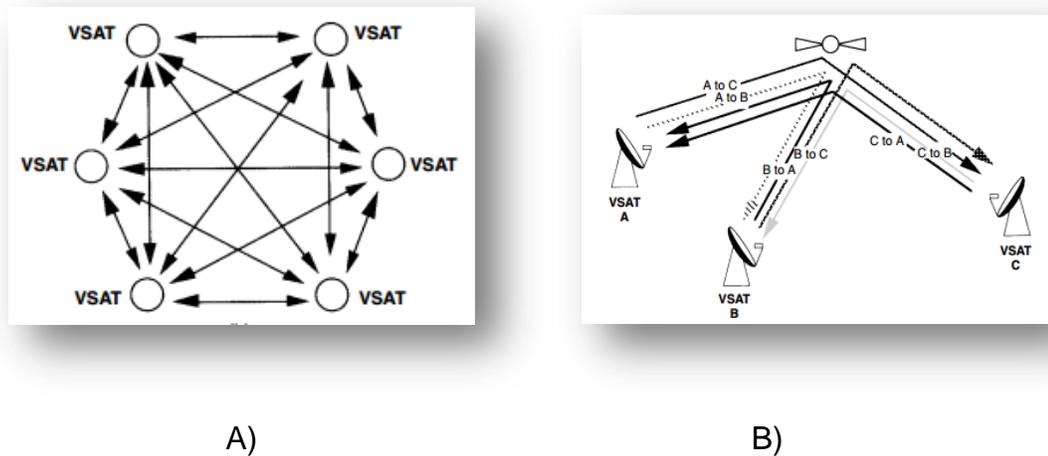
Fuente libro VSAT networks.

### 1.3.2 Topología en malla

La topología en malla permite a todas las terminales comunicarse entre sí directamente. Una estación central debe controlar el proceso de establecimiento y corte de la comunicación, pero no tiene que cursar tráfico necesariamente. Como cada VSAT debe tener suficiente potencia y sensibilidad de recepción (G/T) como

para comunicarse con las demás VSAT, la topología en malla requiere antenas y SSPA más grandes que la topología en estrella. La tecnología en malla es ideal para aplicaciones tales como la voz, que no puede tolerar retardos [3].

**Figura 1.3** Red VSAT en forma de malla. a) Topología típica; b) Red VSAT simplificada de 3 estaciones.



Fuente libro VSAT networks.

#### 1.4 FRECUENCIAS DE OPERACIÓN DE UNA RED VSAT

Las redes VSAT deben operar dentro del llamado FSS (Fixed Satellite Service) definido dentro de la ITU (International Telecommunication Union). La única excepción se da cuando la estructura del flujo de información es del tipo difusión,

en cuyo caso se puede operar dentro del llamado BSS (Broadcasting Satellite Service).

La selección de una banda de frecuencia para una red VSAT depende de diferentes factores. En primer lugar depende de la disponibilidad de satélites que cubren la región en la que opera esa banda de frecuencia. En este sentido hay que decir que la banda C ofrece una cobertura casi global (solamente las latitudes por encima de los 70 grados no están cubiertas) mientras que la banda Ku ofrece una cobertura menor.

El siguiente punto a considerar es el de las interferencias, es decir, las portadoras no deseadas que se reciben en el equipo receptor. Este es un problema bastante importante en VSATs debido al pequeño tamaño de las antenas que implica un ancho de haz del diagrama de radiación elevado [5].

## **1.5 PROTOCOLO DE ACCESO MULTIPLE**

Dado que a un transponder se le pide que maneje transmisiones de un número de estaciones terrenas diferentes, se hace necesario el uso de técnicas que permitan el acceso múltiple. Los recursos del transponder pueden ser compartidos en tiempo, en frecuencia o mediante el uso de códigos que no se interfieran unos con otros. El esquema de acceso múltiple, simplemente proporciona un canal para el tráfico a través del transponder.

Sin embargo los protocolos de acceso múltiple son un elemento crítico de los sistemas VSAT, pues sus características tienen un impacto significativo en el comportamiento de la red, en el costo del segmento espacial y en la complejidad del equipo VSAT.

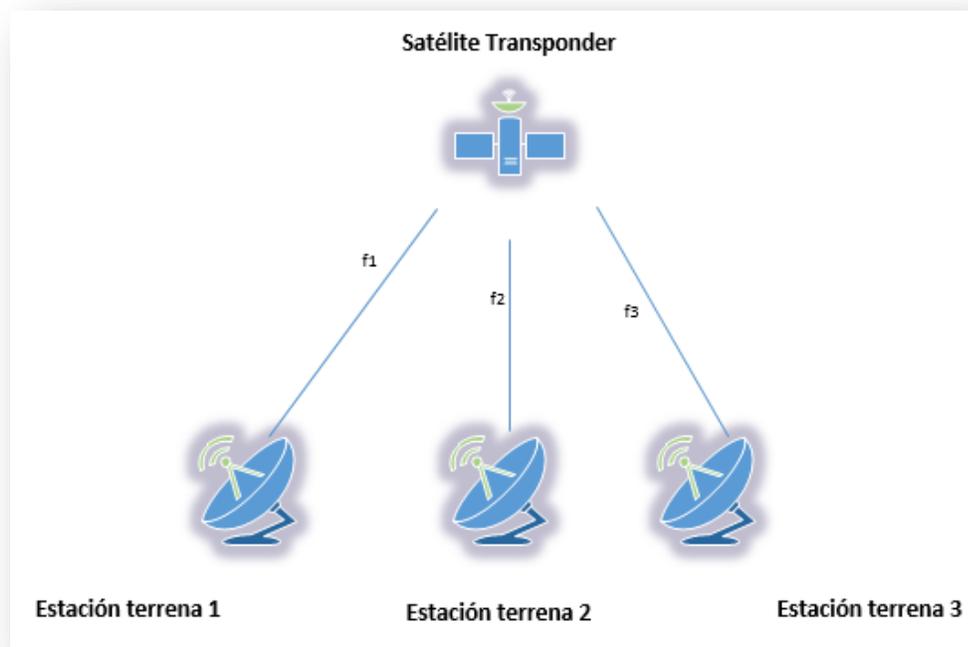
A la hora de elegir uno de los posibles esquemas se debe tener en cuenta los requerimientos de una población de VSATs cambiante para acceder al satélite de una manera que optimice la capacidad de este y además la PIRE (Potencia Isotrópica Radiada Efectiva) de los equipos y la utilización del espectro de una manera flexible y efectiva desde el punto de vista del costo. Todos estos factores

no podrán ser optimizados a la vez por lo que será necesario llegar a una solución de compromiso.

### 1.5.1 Protocolo de acceso FDMA

FDMA (Frequency Division Multiple Acces), Este método de acceso permite la partición del ancho de banda de un canal de comunicación en varios canales de baja velocidad, donde cada uno utiliza una parte asignada del total del espectro de frecuencia. Cada ranura de frecuencia contiene un par único de frecuencias para transmitir y recibir las señales digitales. Un sistema básico de FDMA donde cada estación terrena transmite a diferentes frecuencias hacia el satélite en el transponder indicado. A cada transmisor se le asigna una frecuencia con una banda de resguardo para evitar que eléctricamente se superpongan las señales de las portadoras adyacentes.

**Figura 1.4** Acceso Múltiple por División de Frecuencia.



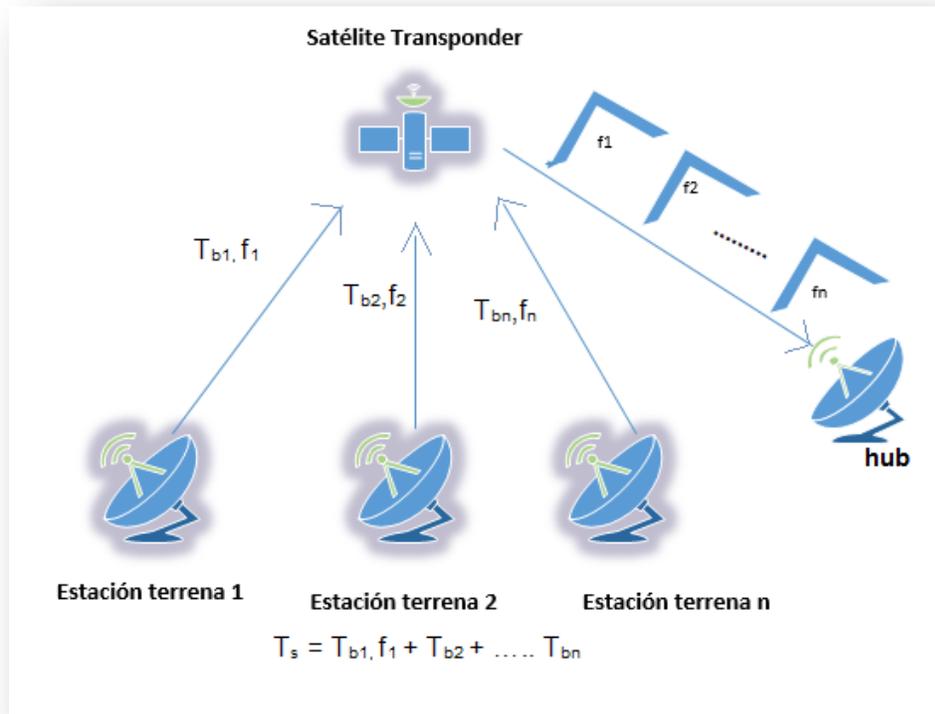
FDMA tiene algunas ventajas y desventajas. Una limitación mayor surge de la necesidad de tener bandas de resguardo entre canales adyacentes para evitar interferencia entre sí. Estos resguardos imponen una limitación en la eficiencia de FDMA. Otra desventaja es la necesidad de controlar la potencia transmitida de las estaciones terrenas de forma que la potencia de las portadoras en el receptor del satélite sean siempre las mismas.

A pesar de estas desventajas, FDMA es el método de acceso más antiguo, seguirá siendo utilizado por todas las inversiones hechas hasta el momento. Una ventaja de FDMA es su simplicidad de operación y su bajo costo de implementación [6].

#### 1.5.2 Protocolo de Acceso TDMA

TDMA (Time Division Multiple Access), consiste en asignar todo el ancho de banda del transponder a cada portadora en secuencia durante un periodo limitado de tiempo, denominado ranura temporal. La ventaja de este método es que el transponder puede operar con altos niveles de potencia (alta eficiencia), incluso cerca de saturación, sin tener interferencia causada por otros usuarios. Es necesaria. Además, como el canal está dividido, la velocidad efectiva del canal vista por las estaciones se ve reducida, lo que afecta negativamente al retardo. Por todo esto es adecuado solo para redes con un número pequeño de VSATs con volumen de tráfico medio o alto por canal.

**Figura 1.5** Acceso Múltiple por división de tiempo.



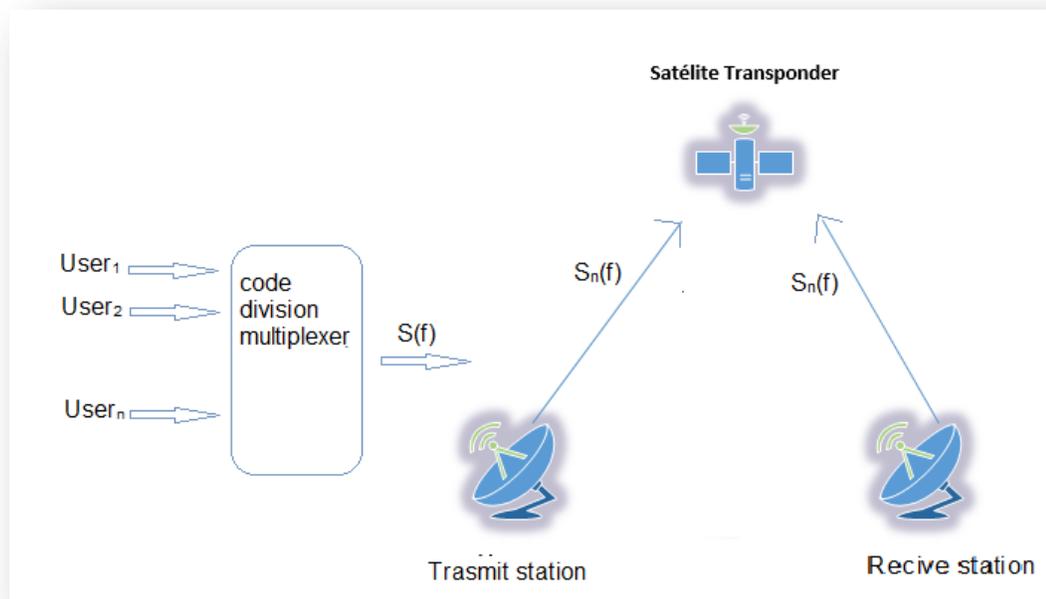
### 1.5.3 Protocolo de acceso CDMA

CDMA (Code Division Multiple Access), es un esquema en el que no hay ni división en tiempo ni en frecuencia, y en el que se permite transmitir de manera continuada a todas las portadoras ocupando además todo el ancho de banda del transponder. La interferencia entre las portadoras se solventa usando técnicas de espectro ensanchado. Estas técnicas implican la expansión del espectro de la señal. Esta expansión se aprovecha combinando la señal con un código de régimen binario elevado independiente de la señal, de modo que hay un código por cada portadora. Estos códigos deben ser ortogonales entre sí para evitar las interferencias con otras portadoras de forma que el receptor que conoce el código de su portadora puede recibir la que le interesa y rechazar las restantes. Al receptor llega la señal mezcla del código y la información, y se mezcla con un

código generado localmente que es una réplica correctamente sincronizada del código del transmisor.

Hay restricciones prácticas al uso del espectro ensanchado, lo que significa que solamente es empleado para rechazar interferencias y por razones de seguridad en sistemas militares. Debido a la baja eficiencia que presenta respecto al ancho de banda es usada cuando las otras características del espectro ensanchado son de importancia (baja densidad espectral de potencia, rechazo de interferencias y antijam). Es por ello apto para escenarios con limitaciones de potencia y con interferencias como ocurre en el caso de usar antenas muy pequeñas ( $<1\text{m}$ ). Por otro lado el retardo de acceso es cero, pero el retardo de transmisión puede ser importante en sistemas basados en estaciones con bajo régimen binario.

**Figura 1.6** Acceso múltiple por división de códigos.



#### 1.5.4 Acceso múltiple mediante acceso aleatorio (ALOHA)

Este tipo de esquemas se basa en que cada estación transmite datos, siempre que los tenga, sin coordinarse con otras estaciones. Como resultado de la

naturaleza aleatoria de las transmisiones, este esquema no ofrece protección frente al hecho de que dos portadoras transmitidas por dos estaciones distintas puedan colisionar dentro del transponder (esto es solaparse en el tiempo). La interferencia que resulta de esto evita que el receptor pueda recibir correctamente la información. Para poder proporcionar una comunicación sin errores, estos protocolos hacen uso de estrategias ARQ<sup>2</sup>, de modo que envían asentimientos con los que indican que paquetes han recibido correctamente. En caso de colisión, las estaciones transmisoras al no recibir el asentimiento dentro de un intervalo de tiempo que le indica su temporizador, retransmitirán de nuevo el paquete al final de un intervalo de tiempo aleatorio calculado de manera independiente en cada estación para evitar de este modo otra nueva colisión. Es como si se tuviera un enlace punto a punto pero con calidad degradada por estar compartido, lo que lleva a una infrautilización.

Hay dos modos básicos: ALOHA no ranurado y ALOHA ranurado. En el caso de ALOHA no ranurado, los VSATs pueden transmitir en cualquier momento, lo que significa que no están sincronizados. En el caso de ALOHA ranurado, los VSATs no podrán transmitir en cualquier instante de tiempo. Esto significa que están sincronizados, pero no coordinados pues mientras está transmitiendo no sabe si otro VSAT está transmitiendo al mismo tiempo. Se limitará el momento dividiendo el tiempo en ranuras, de forma que si una estación quiere transmitir no le dejará hasta el comienzo de una nueva ranura temporal. La duración de los paquetes es igual al tamaño de la ranura. Ahora solo se produce colisión si dos o más VSATs quieren transmitir en una misma ranura. Este sistema reduce la probabilidad de colisión a la mitad y por ello si antes la utilización máxima del canal era de aproximadamente un 18 % ahora lo será de un 37 %. Si la longitud del mensaje no coincide con la longitud del paquete porque es demasiado pequeño, el paquete debe ser rellenado con bits sin información. En caso de que sea demasiado grande debe dividirse en varios paquetes [7].

---

<sup>2</sup> ARQ (Automatic Repeat - reQuest), protocolo utilizado para el control de errores en la transmisión de datos.

### 1.5.5 Acceso múltiple mediante asignación bajo demanda (DAMA)

Con asignación bajo demanda, un VSAT recibe una petición de uno de los terminales de usuario conectados a él. El VSAT envía una petición al hub, y este asigna la capacidad pedida por el VSAT, si está disponible, mediante una serie de mensajes respuesta a su petición. Tendrá además que llevar un registro de las asignaciones que tiene hechas (de frecuencia de portadora, de ranura temporal o de código). Este es un caso en el que el manejo de la información de reserva es centralizado, pero también puede darse el caso de un procesamiento de esta información distribuido.

Se puede entonces distinguir dos niveles en el canal de acceso. El primer nivel de acceso es para paquetes que llevan información relacionada con las peticiones de recursos (normalmente pequeños), mientras que el segundo nivel es para los verdaderos mensajes de datos (más grandes). El acceso en el primer nivel puede implementarse usando cualquiera de los esquemas de asignación fija o de acceso bajo demanda ya conocidos.

Hay que tener en cuenta aquí, que si se elige un esquema de asignación fija, la necesidad de limitar la capacidad de este primer canal a una fracción razonable de la capacidad total de la red, limitará el número de VSATs que puede tener la red. En caso de elegir un sistema de acceso bajo demanda no se tendrá este problema y habrá la posibilidad de añadir fácilmente nuevos VSATs a la red.

A la vista de lo expuesto hasta ahora se puede observar que la asignación bajo demanda permite que un mayor número de VSATs comparta los recursos del satélite, o lo que es lo mismo, que dada una red con un determinado tamaño permite reducir la utilización del ancho de banda del satélite. Pero, en primer lugar, hay que saber que estamos penalizados por la fracción del canal que se debe destinar a manejar la información de reserva de recursos, aunque en general se puede hacer suficientemente pequeña. En segundo lugar, que es realmente importante, se debe saber que se tiene un retardo debido al mecanismo de reserva que se ha explicado, por lo que un mensaje debe esperar a ser transmitido

hasta que se le asigne al VSAT el recurso que pidió. Esto es un inconveniente, desde el punto de vista de la eficiencia en la transmisión, para la transmisión de paquetes cortos pues, la conexión debe establecerse cada vez que llega un paquete. Sin embargo si los paquetes de datos son grandes en comparación con los paquetes que llevan información sobre la reserva de recursos, entonces es posible alcanzar altos niveles en el throughput<sup>3</sup> del canal, donde se debe tener además en cuenta, como dato positivo, el hecho de que el retardo del que se habla es poco variable [5].

## **1.6 ESQUEMA DE MODULACIÓN EN SISTEMAS VSAT**

Para sistemas que utilizan tasa de transmisión alta, la transmisión por desplazamiento de fase (PSK) es el método más atractivo. Transmitir por desplazamiento en fase es otra forma de modulación angular, modulación digital de amplitud constante. El PSK es similar a la modulación en fase convencional, excepto que con PSK la señal de entrada es una señal digital binaria y son posibles un número limitado de fases de salida. Varias formas de PSK son utilizadas como:

### **1.6.1 Transmisión por desplazamiento de fase binaria (BPSK)**

Con la transmisión por desplazamiento de fase binaria (BPSK), son posibles dos fases de salida para una sola frecuencia de portadora. Una fase de salida representa un 1 lógico y la otra un 0 lógico. Conforme la señal digital de entrada cambia de estado, la fase de la portadora de salida se desplaza entre dos ángulos

---

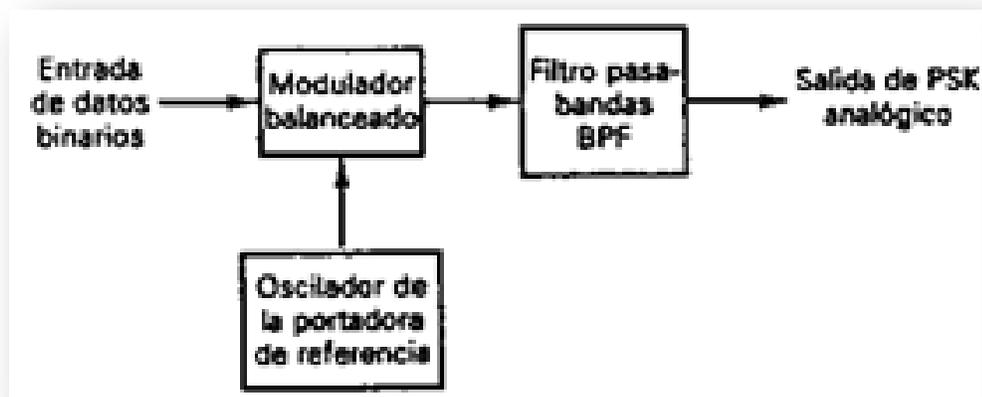
<sup>3</sup> Se le llama throughput al volumen de información que fluye en las redes de datos.

que están  $180^\circ$  fuera de fase. El BPSK es una forma de modulación de onda cuadrada de portadora suprimida de una señal de onda continua.

❖ Transmisor de BPSK

La figura 1.7 muestra un diagrama a bloques simplificado de un modulador de BPSK. El modulador balanceado actúa como un conmutador para invertir la fase. Dependiendo de la condición lógica de la entrada digital, la portadora se transfiere a la salida, ya sea en fase o  $180^\circ$  fuera de fase, con el oscilador de la portadora de referencia.

**Figura 1.7** diagrama de bloque de un transmisor BPSK.

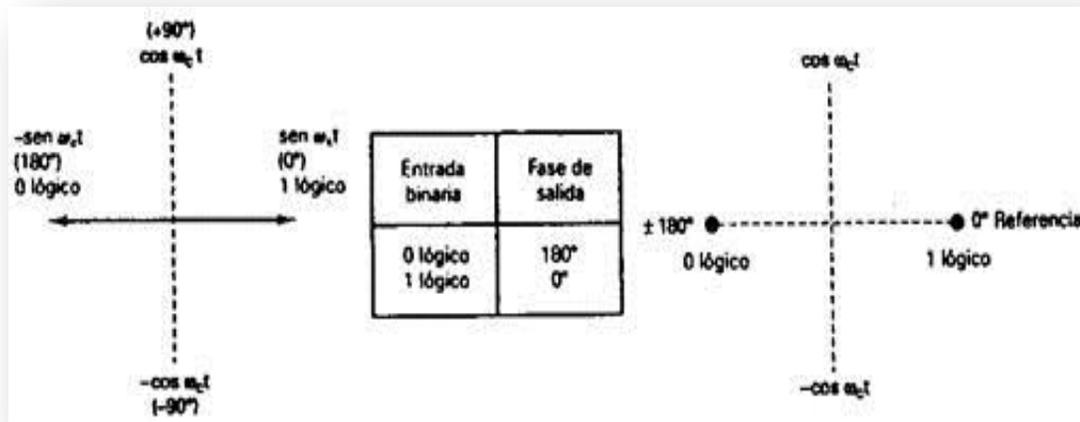


Fuente <http://www.electronicafacil.net/tutoriales/MODULACION-DIGITAL-FSK-PSK-QAM.php>.

La figura 1.8 muestra la tabla de verdad, diagrama fasorial, y diagrama de constelación para un modulador de BPSK. Un diagrama de constelación que, a

veces, se denomina diagrama de espacio de estado de señal, es similar a un diagrama fasorial, excepto que el fasor completo no está dibujado. En un diagrama de constelación, sólo se muestran las posiciones relativas de los picos de los fasores.

**Figura 1.8** Diagrama fasorial, tabla de verdad y diagrama de constelación para un modulador BPSK.



Fuente <http://www.electronicafacil.net/tutoriales/MODULACION-DIGITAL-FSK-PSK-QAM.php>

❖ Consideraciones del Ancho de Banda del BPSK

Para BPSK, la razón de cambio de salida, es igual a la razón de cambio de entrada, y el ancho de banda de salida, más amplio, ocurre cuando los datos binarios de entrada son una secuencia alterativa 1/0. La frecuencia fundamental ( $f_a$ ) de una secuencia alterativa de bits 1/0 es igual a la mitad de la razón de bit ( $f_b/2$ ). Matemáticamente, la fase de salida de un modulador de BPSK es

$$\begin{aligned}
 (\text{Salida}) &= (\text{frecuencia fundamental de la señal modulante binaria}) \times (\text{portadora no modulada}) \\
 &= (\text{sen } w_a t) \times (\text{sen } w_c t)
 \end{aligned}$$

$$= \frac{1}{2} \cos(\omega_c - \omega_a) - \frac{1}{2} \cos(\omega_c + \omega_a)$$

En consecuencia, el mínimo ancho de banda de Nyquist de doble lado ( $f_N$ ) es

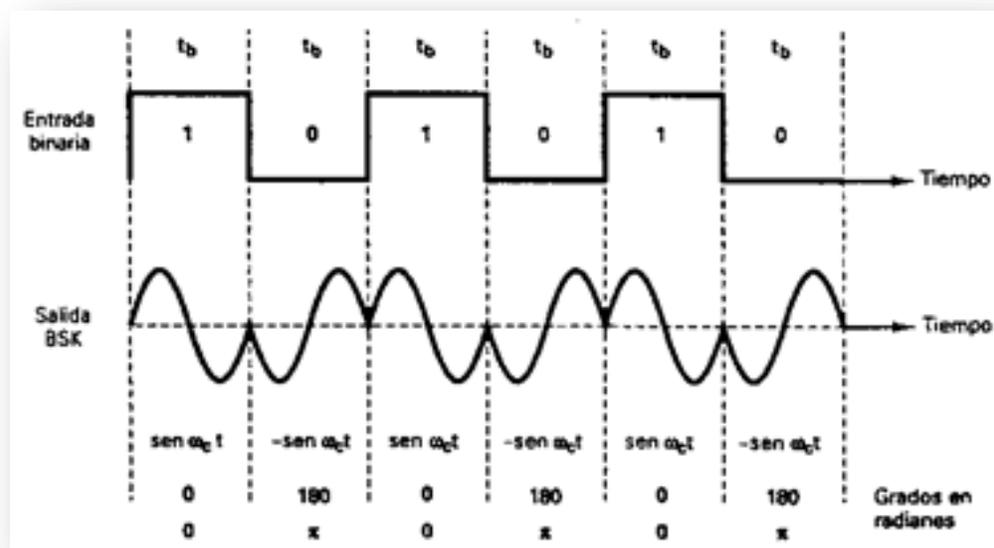
$$2 f_N = (\omega_c + \omega_a) - (\omega_c - \omega_a) = 2 \omega_a$$

Como  $f_a = f_b/2$ , se tiene

$$f_N = 2 \omega_a / 2 \pi = 2 f_a = f_b$$

La figura 1.9 muestra la fase de salida contra la relación de tiempo para una forma de onda BPSK. El espectro de salida de un modulador de BPSK es, sólo una señal de doble banda lateral con portadora suprimida, donde las frecuencias laterales superiores e inferiores están separadas de la frecuencia de la portadora por un valor igual a la mitad de la razón de bit. En consecuencia, el mínimo ancho de banda ( $f_N$ ) requerido, para permitir el peor caso de la señal de salida del BPSK es igual a la razón de bit de entrada.

**Figura 1.9** Forma de onda BPSK

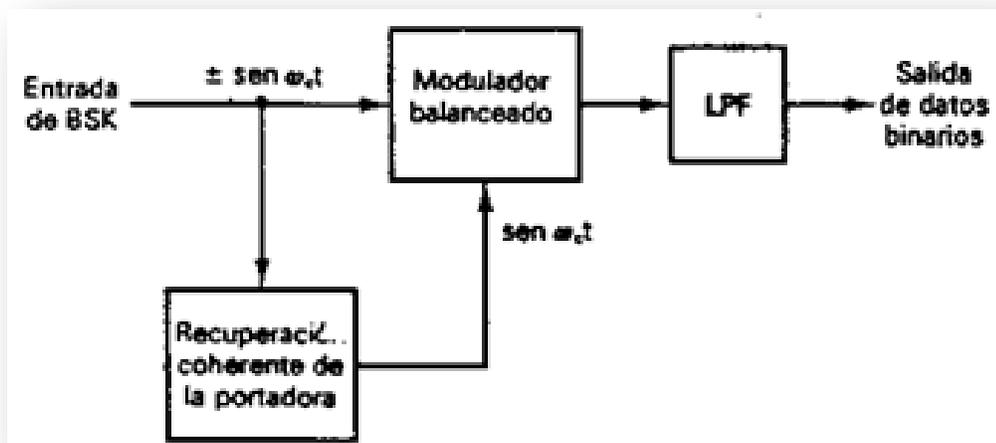


Fuente <http://www.electronicafacil.net/tutoriales/MODULACION-DIGITAL-FSK-PSK-QAM.php>

#### ❖ Recetor de BPSK

La figura 1.10 muestra el diagrama a bloques de un receptor de BPSK. La señal de entrada puede ser  $+\sin \omega_c t$  ó  $\sin \omega_c t$ . El circuito de recuperación de portadora coherente detecta y regenera una señal de portadora que es coherente, tanto en frecuencia como en fase, con la portadora del transmisor original. El modulador balanceado es un detector de producto; la salida es el producto de las dos entradas (la señal de BPSK y la portadora recuperada). El filtro pasa-bajas (LPF) separa los datos binarios recuperados de la señal demodulada compleja.

**Figura 1.10** Diagrama de bloques de un receptor BPSK



Fuente <http://www.electronicafacil.net/tutoriales/MODULACION-DIGITAL-FSK-PSK-QAM.php>

#### 1.6.2 Codificación en M-ario

M-ario es un término derivado de la palabra “binario”. La M es sólo un dígito que representa el número de condiciones posibles. Una representa un 1 lógico y la otra un 0 lógico; por tanto, son sistemas M-ario donde  $M = 2$ . Con la modulación digital, con frecuencia es ventajoso codificar a un nivel más alto que el binario. Por

ejemplo, un sistema de PSK, con cuatro posibles fases de salida, es un sistema M-ario en donde  $M = 4$ . Si hubiera ocho posibles fases de salida,  $M = 8$ , etcétera. Matemáticamente,

$$N = \log_2 M$$

Donde  $N =$  número de bits

$M =$  número de condiciones de salida posibles con  $N$  bits

### 1.6.3 Transmisión por Desplazamiento de fase Cuaternaria (QPSK)

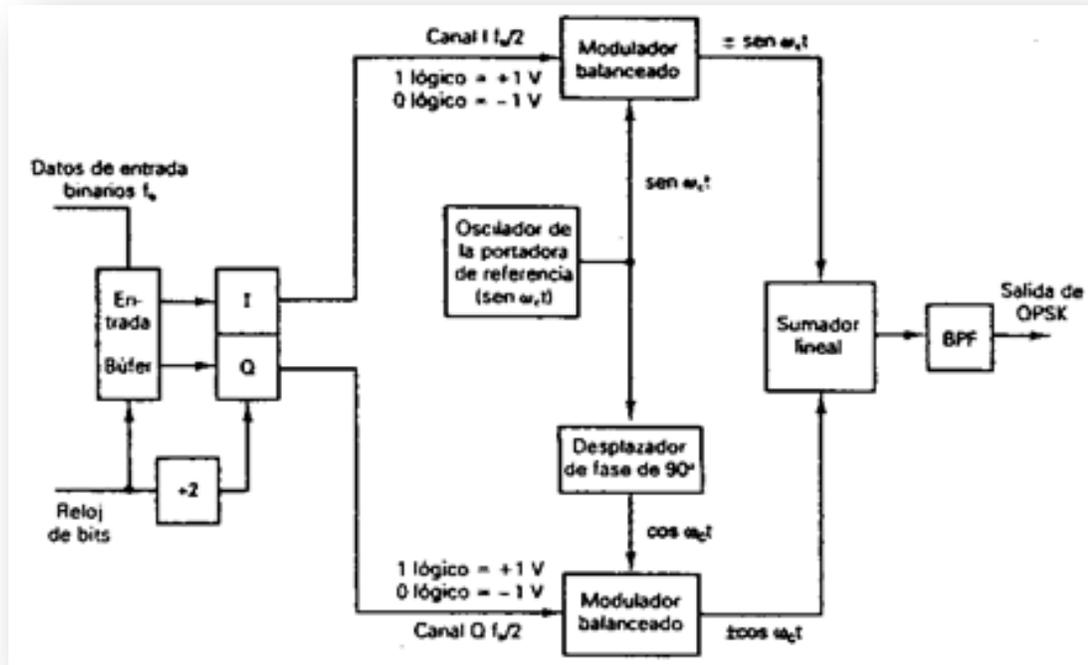
La transmisión por desplazamiento de fase cuaternaria (QPSK) o, en cuadratura PSK, como a veces se le llama, es otra forma de modulación digital de modulación angular de amplitud constante. La QPSK es una técnica de codificación M-ario, en donde  $M=4$  (de ahí el nombre de “cuaternaria”, que significa “4”). Con QPSK son posibles cuatro fases de salida, para una sola frecuencia de la portadora. Debido a que hay cuatro fases de salida diferentes, tiene que haber cuatro condiciones de entrada diferentes. Ya que la entrada digital a un modulador de QPSK es una señal binaria (base 2), para producir cuatro condiciones diferentes de entrada, se necesita más de un solo bit de entrada. Con 2 bits, hay cuatro posibles condiciones: 00, 01, 10 y 11. En consecuencia, con QPSK, los datos de entrada binarios se combinan en grupos de 2 bits llamados dibits. Cada código dibit genera una de las cuatro fases de entrada posibles. Por tanto, para cada dibit de 2 bits introducidos al modulador, ocurre un solo cambio de salida. Así que, la razón de cambio en la salida es la mitad de la razón de bit de entrada.

#### ❖ Transmisor de QPSK

En la figura 1.11 se muestra un diagrama a bloques de un modulador de QPSK. Dos bits (un dibit) se introducen al derivador de bits. Después que ambos bits han sido introducidos, en forma serial, salen simultáneamente en forma paralela. Un bit se dirige al canal I y el otro al canal Q. El bit I modula una portadora que está en

fase con el oscilador de referencia (de ahí el nombre de “I” para el canal “en fase”), y el bit Q modula una portadora que está 90° fuera de fase o en cuadratura con la portadora de referencia (de ahí el nombre de “Q” para el canal de “cuadratura”).

**Figura 1.11** Diagrama de bloques de un modulador QPSK

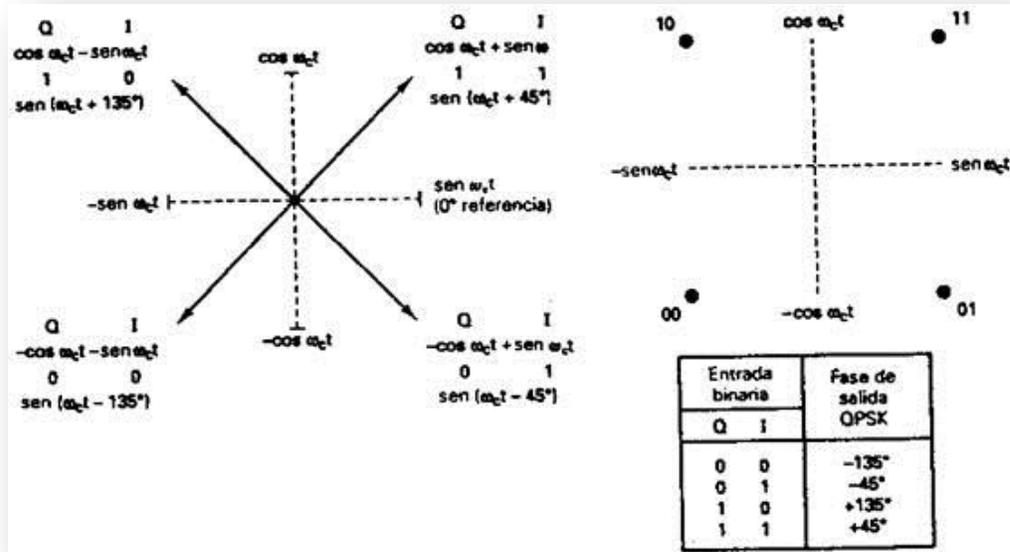


Fuente <http://www.electronicafacil.net/tutoriales/MODULACION-DIGITAL-FSK-PSK-QAM.php>

Puede verse que una vez que un dibit ha sido derivado en los canales I y Q, la operación es igual que en el modulador de BPSK. En esencia, un modulador de QPSK son dos moduladores, de BPSK, combinados en paralelo.

En la figura 1.12 puede verse que, con QPSK, cada una de las cuatro posibles fases de salida tiene, exactamente, la misma amplitud. En consecuencia, la información binaria tiene que ser codificada por completo en la fase de la señal de salida.

**Figura 1.12** Diagrama fasorial, diagrama de constelación y tabla de verdad para un modulador QPSK.



Fuente <http://www.electronicafacil.net/tutoriales/MODULACION-DIGITAL-FSK-PSK-QAM.php>

❖ Consideraciones de Ancho de Banda para QPSK

Con QPSK, ya que los datos de entrada se dividen en dos canales, la tasa de bits en el canal I, o en el canal Q, es igual a la mitad de la tasa de datos de entrada ( $f_b/2$ ). En consecuencia, la frecuencia fundamental, más alta, presente en la entrada de datos al modulador balanceado, I o Q, es igual a un cuarto de la tasa de datos de entrada (la mitad de  $f_b/2$ :  $f_b/4$ ). Como resultado, la salida de los moduladores balanceados, I y Q, requiere de un mínimo ancho de banda de Nyquist de doble lado, igual a la mitad de la tasa de bits que están entrando.

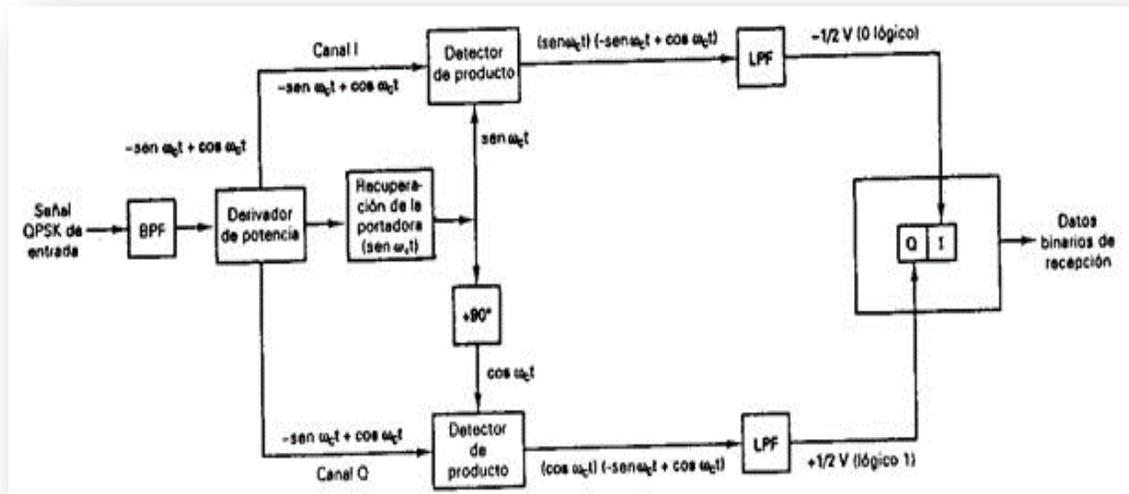
$$f_N = 2(f_b/4) = f_b/2$$

Por tanto con QPSK, se realiza una compresión de ancho de banda (el ancho de banda mínimo es menor a la tasa de bits que están entrando).

❖ Receptor de QPSK

El diagrama a bloques de un receptor QPSK se muestra en la figura 1.13. El derivador de potencia dirige la señal QPSK de entrada a los detectores de producto, I y Q, y al circuito de recuperación de la portadora. El circuito de recuperación de la portadora reproduce la señal original del modulador de la portadora de transmisión. La portadora recuperada tiene que ser coherente, en frecuencia y fase, con la portadora de referencia transmisora. La señal QPSK se demodula en los detectores de producto, I y Q, que generan los bits de datos, I y Q, originales. Las salidas de los detectores de productos alimentan al circuito para combinar bits, donde se convierten de canales de datos, I y Q, paralelos a un solo flujo de datos de salida binarios.

Figura 1.13 Diagrama de bloque de un receptor QPSK.



Fuente <http://www.electronicafacil.net/tutoriales/MODULACION-DIGITAL-FSK-PSK-QAM.php>

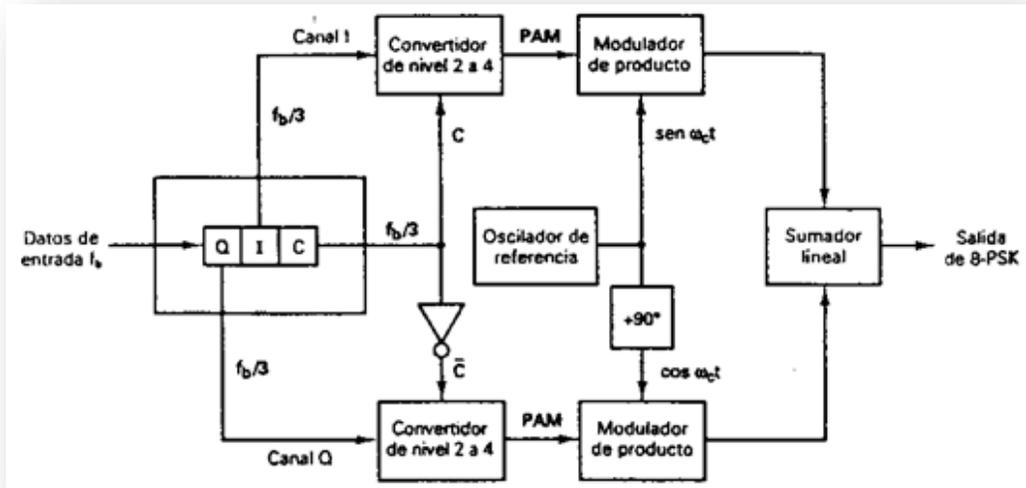
#### 1.6.4 PSK de ocho fases (8-PSK)

Un PSK de ocho fases (8-PSK), es una técnica para codificar M-ario en donde  $M=8$ . Con un modulador de 8-PSK, hay ocho posibles fases de salida. Para codificar ocho fases diferentes, los bits que están entrando se consideran en grupos de 3 bits, llamados tribits ( $2^3 = 8$ ).

##### ❖ Transmisor PSK de ocho fases

Un diagrama a bloques de un modulador de 8-PSK se muestra en la figura 1.14. El flujo de bits seriales que están entrando se introduce al desplazador de bits, en donde se convierte a una salida paralela de tres canales (el canal I, o en fase; el canal Q, o en cuadratura y el canal C, o de control). En consecuencia, la tasa de bits, en cada uno de los tres canales, es  $f_b/3$ . Los bits en los canales I y C' (C negado), entran al convertidor de los niveles 2 a 4 del canal I, y los bits en los canales Q y C' entran el convertidor de los niveles 2 a 4, del canal Q. En esencia, los convertidores de los niveles 2 a 4 son convertidores digital a análogo (DAC) de entrada paralela. Con 2 bits de entrada, son posibles cuatro voltajes de salida. El algoritmo para los DAC es bastante sencillo. El bit I o Q determina la polaridad de la señal analógica de salida (1 lógico = +V y 0 lógico = -V), mientras que la C o el bit C' determina la magnitud (1 lógico = 1.307V y 0 lógico = 0.541V). En consecuencia, con dos magnitudes y dos polaridades, son posibles cuatro condiciones de salida diferentes.

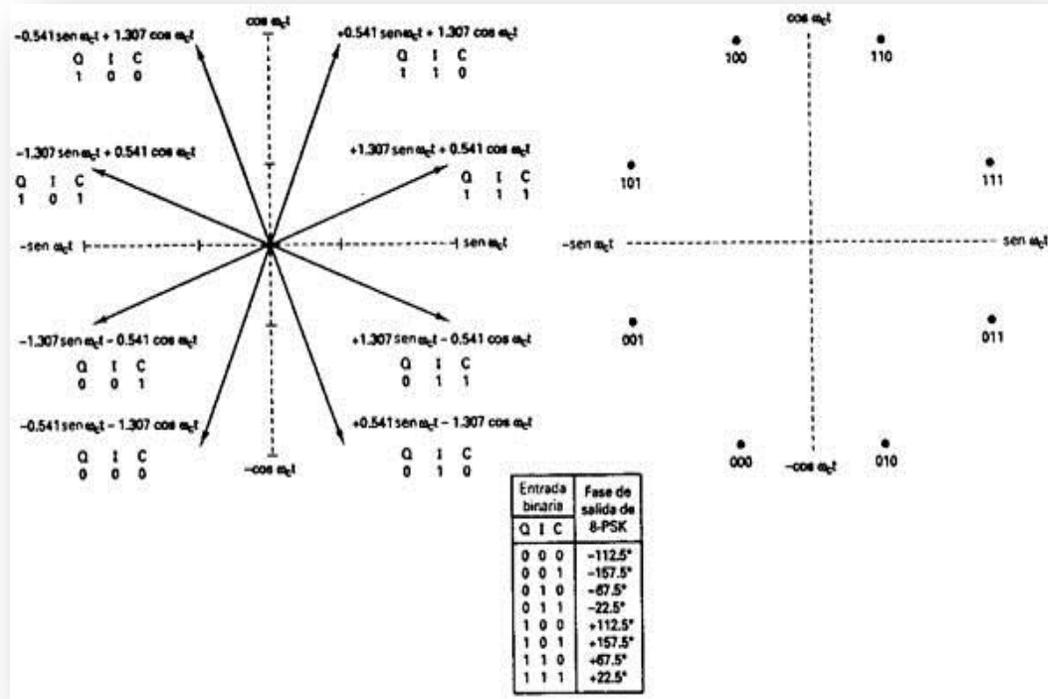
Figura 1.14 diagrama a bloques de un modulador de 8-PSK



Fuente <http://www.electronicafacil.net/tutoriales/MODULACION-DIGITAL-FSK-PSK-QAM.php>

En la figura 1.15 puede verse que la separación angular, entre cualquiera de dos fasores adyacentes, es de  $45^\circ$ , la mitad de lo que es con QPSK. Por tanto, una señal 8-PSK puede experimentar un cambio de fase de casi  $\pm 22.5^\circ$ , durante la transmisión, y todavía tener su integridad. Además, cada fador es de igual magnitud; la condición tribit (información actual) se contiene, de nuevo, sólo en la fase de la señal.

**Figura 1.15** Diagrama fasorial, diagrama de constelación y tabla de verdad para un modulador 8-PSK



Fuente <http://www.electronicafacil.net/tutoriales/MODULACION-DIGITAL-FSK-PSK-QAM.php>

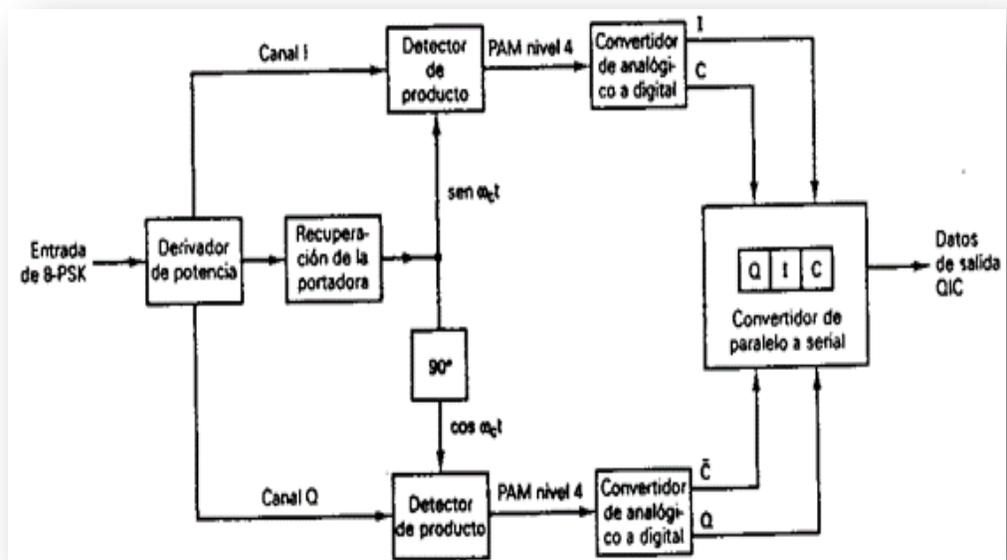
❖ Consideraciones del Ancho de Banda para el 8-PSK

Con el 8-PSK ya que los datos se dividen en tres canales, la tasa de bits en el canal I, Q, o C, es igual a un tercio de la tasa de datos de entrada binarios ( $f_b/3$ ), (El derivador de bits estira los bits I, Q y C a tres veces su longitud de bit de entrada). Debido a que los bits I, Q y C tienen una salida simultánea y en paralelo, los convertidores de nivela de 2 a 4, también ven un cambio en sus entradas (y en consecuencia sus salidas) a una tasa igual a  $f_b/3$ .

❖ Receptor 8-PSK

La figura 1.16 muestra un diagrama a bloques de un receptor de 8-PSK. El derivador de potencia dirige la señal de 8-PSK de entrada, a los detectores de producto I y Q, y al circuito de recuperación de la portadora. El circuito de recuperación de la portadora reproduce la señal original del oscilador de referencia. La señal de 8-PSK que está entrando se mezcla con la portadora recuperada, en el detector de productos I y con una portadora de cuadratura en el detector de producto Q. Las salidas de los detectores de producto son señales PAM, de nivel 4, que alimentan a los convertidores análogos a digital (ADC), del nivel 4 a 2. Las salidas del convertidor de nivel 4 a 2, canal I, son los bits I y C, mientras que las salidas del convertidor de nivel 4 a 2, canal Q, son los bits Q y C'. El circuito lógico de paralelo a serial conviene los pares de bit, I/C y Q/C', a flujos de datos de salida serial I, Q y C.

**Figura 1.16** Diagrama a bloques de un receptor de 8-PSK

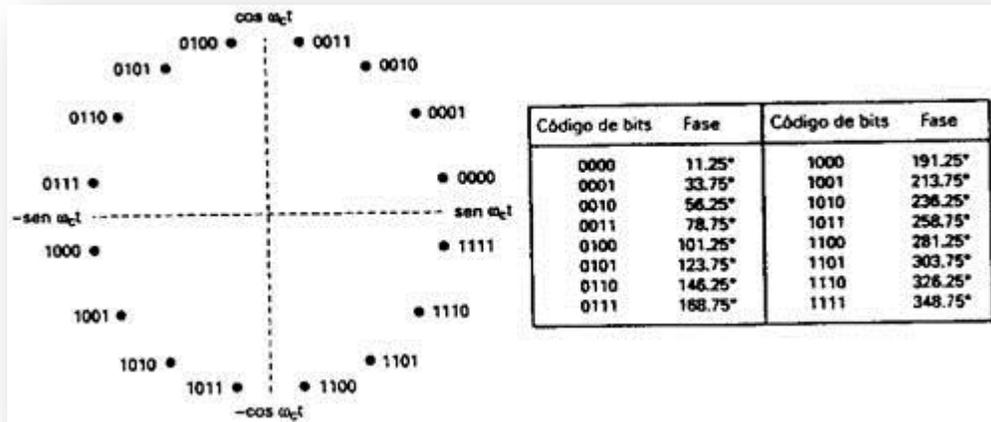


Fuente <http://www.electronicafacil.net/tutoriales/MODULACION-DIGITAL-FSK-PSK-QAM.php>

### 1.6.5 PSK de dieciséis fases (16-PSK)

El PSK de dieciséis fases (16-PSK) es una técnica de codificación M-ario, en donde  $M = 16$ ; hay 16 diferentes fases de salida posibles. Un modulador de 16-PSK actúa en los datos que están entrando en grupos de 4 bits ( $2^4 = 16$ ), llamados quadbits (bits en cuadratura). La fase de salida no cambia, hasta que 4 bits han sido introducidos al modulador. Por tanto, la razón de cambio de salida y el mínimo ancho de banda son iguales a un cuarto de la tasa de bits que están entrando ( $f_b/4$ ). La tabla de verdad y el diagrama de constelación para un transmisor de 16-PSK se muestran en la figura 1.17 [8].

**Figura 1.17** Tabla de verdad y diagrama de constelación para un transmisor 16-PSK.



Fuente <http://www.electronicafacil.net/tutoriales/MODULACION-DIGITAL-FSK-PSK-QAM.php>

## 2 METODOLOGÍA

El proceso de instalación de la subestación VSAT, se implementa en cuatro etapas, como se muestra en la figura 2.1.

**Figura 2.1** Esquema de la metodología utilizada



El estudio técnico de campo se realiza en el centro educativo rural Padre Luis Antonio rojas sede Juan Pérez en el municipio de Toledo, donde se hace una inspección minuciosa de viabilidad para la instalación donde se verifica la estructura física de la institución, los valores nominales de la red eléctrica y se realiza un análisis de riesgo y modelo electromagnético. Después de verificar que la institución educativa cumple con los criterios de elegibilidad se procede a establecer el diseño de la estación terrena de acuerdo a los parámetros establecidos por la contratista, seguido se realiza la instalación y configuración del Kiosco Vive Digital, que inicia con el proceso de armado e instalación de la antena, configuración del Modem y enganche con el satélite EUTELSAT 117 West A, después de confirmar conectividad se procede a la configuración de cada uno de los elementos que conforma la estación terrena. Finalizamos este proceso

de instalación y configuración realizando las pruebas de conectividad requerida por el NOC<sup>4</sup>.

### **3 INSTALACIÓN CONFIGURACIÓN Y RESULTADOS**

#### **3.1 ESTUDIO TÉCNICO DE CAMPO**

Al realizar un análisis previo de las variantes que se ajustan al escenario de acuerdo a las disposiciones descritas por la contratista encargada de la administración del proyecto, descritas en el anexo 1, 2 y 3 y al buscar una solución a la falta de servicios de telecomunicación en la vereda Juan Pérez, el centro educativo rural Padre Luis Antonio Rojas, cumple con los criterios de elegibilidad necesarios para la instalación del Kiosco Vive Digital llegando a la conclusión que:

- ✓ En el momento de realizar la visita técnica el centro poblado no cuenta con servicio de conectividad a internet.
- ✓ En el momento de realizar el análisis de riesgo y modelo electromagnético no se encontró elementos apantallador que incidan entre la antena y la conectividad con el satélite.
- ✓ La institución cuenta con una infraestructura física en buen estado, para la instalación del Kiosco Vive Digital.
- ✓ La institución educativa cuenta con servicio de energía eléctrica interconectada con unos niveles de voltaje requeridos que garantiza el cumplimiento de los periodos mínimos de apertura del Kiosco Vive Digital,

---

<sup>4</sup> Network Operations Centers (NOC), es un área en donde se cuenta con las instalaciones adecuadas para estar monitoreando la actividad en redes de telecomunicaciones

además la institución cuenta con un sistema de puesta a tierra y reguladores de voltaje en buen estado.

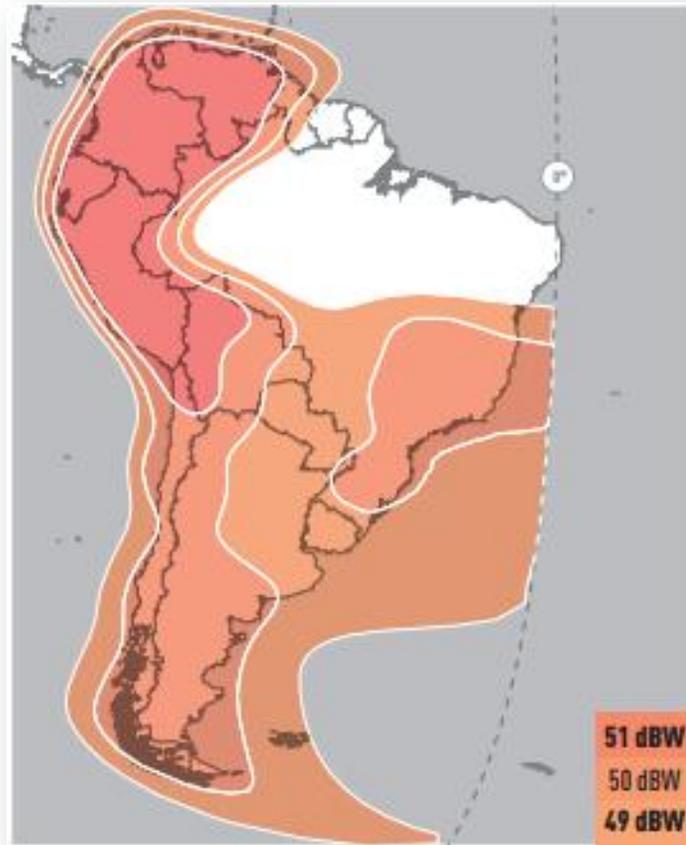
- ✓ La institución educativa cuenta con 5 computadores en funcionamiento que tienen sistema operativo Windows 7 versión profesional de 64 bits que cuentan con tarjeta de red LAN inalámbrica y cableada y están operativos al 100%.
- ✓ La institución cuenta con una red LAN instalada operativa con nueve puertos de red, ver anexo 4.

### **3.2 SATÉLITE**

El satélite a usar para la implementación de la red VSAT será el Eutelsat 117 west A (antiguo satmex 8) de propiedad de la compañía Eutelsat Communications, que opera bajo el nombre de Eutelsat Americas, fabricado por Hughes Space and Communications con una vida útil de 15 años tiene una posición orbital de 116.8° al Oeste, para América trabaja en las bandas de frecuencias C con 24 transponder y en frecuencia Ku con 40 transponder ambas frecuencias con una polarización lineal. El satélite EUTELSAT 117 West A actualmente distribuye más de 119 canales y se conecta a 2000 antenas receptoras en la región. Este satélite abastece a más de 5000 antenas de DTH que reciben canales en banda Ku, junto con 14,000 antenas instaladas en banda C para un proyecto de conectividad de gobierno. Además, el satélite EUTELSAT 117 West A brinda niveles excepcionales de rendimiento en Norteamérica y la región andina, otorgando más MBps por MHz. Este satélite ofrece excelente desempeño para proyectos de conectividad social, enlace de contribución celular y red VSAT, entre otros [9].

En la figura 3.1 se puede observar la cobertura del satélite Eutelsat 117 West A para América del sur.

**Figura 3.1** Cobertura del satélite Eutelsat 117 West A para América del sur.



Fuente <http://www.eutelsatamericas.com>

### **3.3 COMPONENTES DE LA ESTACIÓN TERRENA**

Para el equipamiento y conectividad de la estación terrena se utilizó la tecnología Hughes para redes VSAT que permite transmitir voz y datos, además ofrece varias opciones de configuración posibilitando la conexión de estaciones terrenas alejadas geográficamente.

### 3.3.1 Unidad interna (IDU)

La IDU que se utilizara para la implantación de la red VSAT es la Hughes HX 90, es parte familia de sistemas HughesNet, es un Ruteador satelital de banda ancha de alto rendimiento diseñado para proporcionar el acceso de alta velocidad para empresas grandes, el gobierno, etc. Reconociendo que las empresas requieren cada vez mayores cantidades de Ancho de Banda y capacidad de soportar a muchos usuarios simultáneos, el HX90 se ha diseñado para proporcionar un funcionamiento sin igual para los usos de Ancho de banda más intensivos. Con la ayuda de dos subnets simultáneos de LAN, el HX90 tiene la flexibilidad y la energía para manejar nuevos requisitos para establecimiento de una red de IP de la empresa.

El HX90 funciona con todos los sistemas de HughesNet y utiliza los estándares industriales DVB-S o DVB-S2. Consecuentemente, el HX90 se puede configurar fácilmente para soportar una amplia gama de datos seleccionando diversos valores de modulación, símbolo, y codificación. La Descarga es escalable hasta 121 Mbps y el canal de vuelta Subida es escalable hasta 1.6 Mbps. El HX90 proporciona una solución integrada del LAN de la banda ancha a Windows®, a UNIX®, a Apple® Macintosh®, y a otras plataformas de IP sobre Ethernet. El poder del HX90 permite que la misma plataforma escale conforme crece la necesidad de aplicaciones empresariales de alta velocidad, protegiendo la inversión del cliente. El HX90 también coexiste con las terminales anteriores de Hughes DW, asegurándose que la inversión de los clientes existentes está protegida [10].

#### Especificaciones técnicas [11]

- ❖ Interfaces Físicas
  - ✓ Dos puertos RJ45 10 / 100BaseT Ethernet LAN
- ❖ Especificaciones Satélite
  - ✓ Frecuencia: Ku, Ka-band

- ✓ DVB-S2 ACM Canal: DVB-S2 con Adaptive Coding y Modulación o DVB-S
  - ✓ DVB-S2 ACM Valorar: 1-45 Msps (en 0,5 pasos Msps)
  - ✓ DVB-S2 ACM Modulación: QPSK, 8PSK, 16APSK (Adaptive Modulation)
  - ✓ DVB-S2 ACM Codificación: BCH con LDPC 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10 (Adaptive Coding)
  - ✓ FDMA / TDMA (OPI) 256-2.048 ksps
  - ✓ Clasificación: (256 kbps a 3,6 Mbps)
  - ✓ FDMA / TDMA (OPI) OQPSK
  - ✓ Modulación: FDMA / TDMA (OPI) La codificación adaptativa Canal
  - ✓ Tasa Codificación 1/2, 2/3, 4/5 con TurboCode 1/2, 2/3, 4/5 y 9/10 con LDPC
  - ✓ Tasa de Error (Recibir): Error cuasi gratuito
  - ✓ Tasa de Error (Transmisión):  $10^{-5}$  PLR (equivalente a  $10^{-7}$  o mejor)
- Interfaz de ODU: Hughes Saturada Carrier BUC

❖ Actuación

- ✓ Los paquetes por segundo 5000
- ✓ UDP rendimiento 45 Mbps
- ✓ Rendimiento de TCP 15 Mbps
- ✓ Multicast rendimiento 60 Mbps

❖ Mecánico y Ambiental

- ✓ Peso (UDI): 1,6 libras (0,726 kg)
- ✓ Dimensiones (UDI): 8.05 "W x 1.55" H x 8.95 "D (20.4 cm x 3.9 cm W x H 22,7 cm D)
- ✓ Temperatura de funcionamiento: UDI: + 32° F (0° C) a + 122° F (+ 50° C) ODU: -22° F (-30° C) a + 131° F (+ 55° C)
- ✓ Potencia de entrada: 90 a 264 VCA; 50 a 60 Hz
- ✓ Fuente de alimentación de CC (opc.): 12 a 24 V

### 3.3.2 La antena parabólica

La antena que se utilizó para la estación remota VSAT es una GENERAL DYNAMICS de la serie 1123 de 1.2 metros [12], en una antena de fibra de vidrio reforzada con un tipo de poliéster especial que posee la propiedad de un material impermeable al agua minimizando las atenuaciones, su función es la de conectar toda la potencia generada por la RF en un haz muy fino que esta apuntado al satélite. Para más detalles de las especificaciones técnicas de la antena revisar anexo 5.

**Tabla 3.1** especificaciones técnicas de la antena de la estación terrena.

Frecuencia (GHz)		Ganancia (dBi)		Diámetro (mts)
Rx	Tx	Rx	Tx	1.2 Mts
10.70 – 11.70	12.75 – 14.50	41	43	
Fuente <a href="http://www.gdsatcom.com/vsat_antennaspecs.php">http://www.gdsatcom.com/vsat_antennaspecs.php</a>				

### 3.3.3 La unidad Externa (ODU)

Es un único equipo que integra la electrónica de radiofrecuencia (RF), el amplificador de Potencia, el amplificador de recepción, los conversores de frecuencia, la bocina cónica y el acoplador ortomodo. Su función es convertir las frecuencias a la banda de trabajo del satélite y viceversa; igualmente amplifica la señal que proviene de la IDU a los niveles requeridos por el sistema central en la transmisión y amplifica la señal total del satélite (señal y ruido) a niveles óptimos para ser moduladas en la recepción.

El modem Hughes HX90 se suministra con la unidad exterior. Disponible tanto en banda Ku o banda Ka, el Hughes ODU utiliza una portadora modulada envolvente constante salida que se traduce en un rendimiento y una fiabilidad excepcional y

ofrece una amplia gama de rango dinámico de potencia de enlace ascendente control. La ODU utiliza un diseño altamente integrado con el LNB una parte integral de la ODU aumentando así fiabilidad [11].

### 3.4 DISEÑO DE RED EN FUNCIÓN A LA TECNOLOGÍA UTILIZADA

Los equipos que forman la estación remota VSAT por requerimiento del ministerio de TIC deben ser HUGHES NETWORKS SYSTEMS L.L.C. El principal objetivo para el diseño de la red es que soporte los requerimientos exigidos por el contratista ya que estas subestaciones terrenas serán instaladas en diferentes lugares del país y de esta manera evitar posibles complicaciones.

Para la configuración de la red se toman como referencia la vereda Juan Pérez, localizada en el municipio de Toledo de Norte de Santander, los cálculos de los enlaces se realizara utilizando datos conocidos del mismo (latitud, longitud). Las coordenadas de la vereda Juan Pérez se muestra en la tabla 3.2.

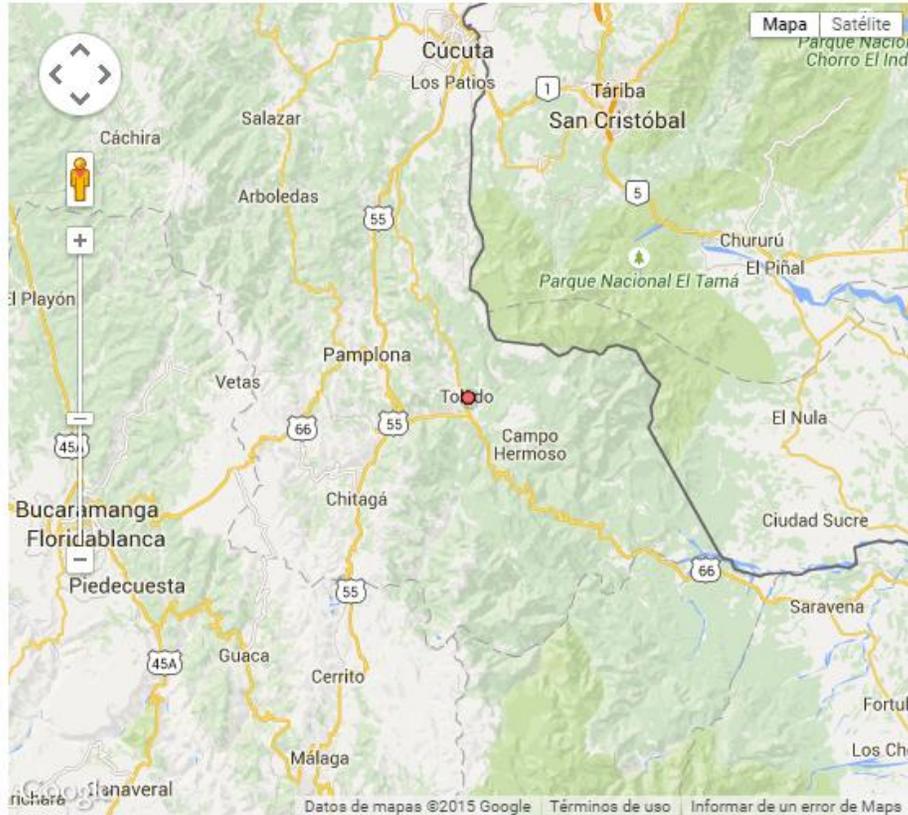
**Tabla 3.2** Coordenadas de localización de la vereda Juan Pérez.

Localización				
Vereda	Latitud (Norte)		Longitud (Oeste)	
	Grados	y	Grados	Grados
	Minutos		Minutos	
<b>Juan Pérez</b>	7° 12' 289 ''	7.2	72° 26' 732''	72.433333

En la figura 3.2 se ilustra el lugar geográfico de ubicación en el departamento de la estación terrena VSAT.

**Figura 3.2** Mapa de ubicación de la estación terrena VSAT

● Fase 1 ● Fase 2



**DEPARTAMENTO:** NORTE DE SANTANDER  
**MUNICIPIO:** TOLEDO  
**CENTRO POBLADO:** VDA JUAN PEREZ  
**UBICACIÓN / I.E:** CENT EDUC RUR PADRE LUIS ANTONIO ROJAS  
**SEDE I.E:** SEDE JUAN PEREZ  
**TIPO DE KVD:** SEDE EDUCATIVA  
**ESTADO:** CONECTADO  
**FASE:** FASE 2

Fuente

[http://micrositios.mintic.gov.co/vivedigital/mapas/mapa\\_3\\_kioscos\\_vive\\_digital.php](http://micrositios.mintic.gov.co/vivedigital/mapas/mapa_3_kioscos_vive_digital.php)

### 3.4.1 Cálculo de la distancia de la estación terrena hasta el satélite.

Con base a los datos mostrados en la tabla 3.2 se procede a calcular la distancia respectiva de la vereda Juan Pérez al satélite. Para calcular la distancia de la vereda al satélite se realiza mediante el siguiente cálculo geométrico.

$$R = 42643.7 \sqrt{1 - 0.29577 (\cos \phi \cos \delta)} \text{ [km]} \text{ [1]}$$

R: Distancia de la vereda al satélite.

De la ecuación:

$\phi$ : Latitud del punto terrestre.

$\delta$ : Diferencia entre la longitud del punto terrestre y la longitud del satélite.

Con esta fórmula se determina las distancias de la vereda Juan Pérez al satélite Eutelsat 117° West A, recordando que este satélite tiene una longitud de 116.8° Oeste.

$$R = 42643.7 \sqrt{1 - 0.29577 (\cos 7.2 \cos(72.43333 - 116.8))} \text{ [km]}$$

$$R = 37908 \text{ km}$$

### 3.4.2 Ángulo de elevación y ángulo de azimut de las estaciones terrenas

#### ❖ Ángulo de elevación

Es el ángulo vertical que se forma entre la dirección de movimiento de una onda electromagnética irradiada por una antena de estación terrena que apunta directamente hacia el satélite. Se calcula por medio de la ecuación:

$$E = -90 + \cos^{-1} \left( \frac{R^2 - 1.73746 \times 10^9}{12734R} \right) \text{ [2]}$$

Remplazando los valores en la ecuación

$$E = -90 + \cos^{-1} \left( \frac{(37908)^2 - 1.73746 \times 10^9}{12734(37908)} \right)$$

$$E = 35.25^\circ$$

### ❖ Ángulo de azimut

El ángulo de azimut se define como el ángulo horizontal de apuntamiento de una antena, y por tanto depende directamente de la ubicación de la estación en la tierra y de la posición del satélite. Por este motivo la expresión para el ángulo de azimut es:

$$A = 180 - \tan^{-1} \left( \frac{\tan \delta}{\theta} \right) [3]$$

$$A = 180 - \tan^{-1} \left( \frac{\tan(72.43333 - 116.8)}{\sin 7.2} \right)$$

$$A = 269.83^\circ$$

A manera de resumen, los valores de los ángulos de elevación y de azimut para la instalación de la antena satelital en la vereda Juan Pérez se muestran en la tabla 3.3.

**Tabla 3.3** Ángulos visuales de la vereda Juan Pérez.

Vereda	∠ Elevación	∠ Azimut
Juan Pérez	35.25°	269.83°

### 3.4.3 Diseño del enlace de subida para transmisión de internet

En el diseño del enlace de Internet se considera un transponder el cual tiene asociadas 2 frecuencias, una de subida y una de bajada:  $f_{\text{subida}} = 13750$  MHz y  $f_{\text{bajada}} = 11432$  MHz. A continuación se realiza el diseño del enlace de subida empleando la frecuencia  $f_{\text{subida}} = 13750$  MHz.

#### ❖ **Potencia de transmisión $P_T$**

Este dato se toma partir de la hoja de datos del equipo VSAT implementado [11].

$$P_T = 2 \text{ W}$$

$$P_T |_{\text{dB}} = 3.0 \text{ dBW}$$

#### ❖ **Ganancia de la antena transmisora $G_T$**

$$G_T = \eta \left( \frac{\pi D}{\lambda} \right)^2 = \eta \left( \frac{\pi D f}{c} \right)^2 \quad [4]$$

$$G_T |_{\text{dB}} = 10 \log G_T$$

$\eta$  : Eficiencia de la antena receptora.  $\eta = 100 \% = 1$

$D$ : Diámetro de la antena receptora del equipo VSAT.  $D = 1.2$  Mts

$f$ : Frecuencia de subida del enlace. Se asigna un transponder que maneje 2 frecuencias (subida y bajada), las cuales deben estar avaladas por el Ministerio de Comunicaciones para comunicaciones. Para este caso,  $f = 13750$  MHz

$$G_T = 1 \left( \frac{\pi(1.2)(13750 \times 10^6)}{3 \times 10^8} \right)^2 \quad [5]$$

$$G_T = 29.8555 \times 10^3$$

$$G_T|_{dB} = 10 \log 29.8555 \times 10^3$$

$$G_T|_{dB} = 44.75 \text{ dBi}$$

#### ❖ PIRE del equipo VSAT

$$\text{PIRE}|_{dB} = P_T + G_T - P_{go \text{ vsat}} \quad [6]$$

$P_{go \text{ vsat}}$ : Pérdidas producidas por guías de onda y líneas de transmisión conectadas al equipo VSAT. Para este caso  $P_{go \text{ vsat}} = 1 \text{ dB}$

$$\text{PIRE}|_{dB} = 3 + 44.75 - 1$$

$$\text{PIRE}|_{dB} = 46.75 \text{ dBW}$$

#### ❖ Flujo de potencia F

$$F = \text{PIRE} - 10 \log (4\pi R)^2 - P_{atm} \quad [7]$$

$P_{atm}$ : Pérdidas atmosféricas.  $P_{atm} = 0.1 \text{ dB}$

$$F = 46.75 - 10 \log (4\pi \times 37908 \times 10^3)^2 - 0.1$$

$$F = -126.91 \text{ dBW/m}^2$$

#### ❖ Pérdidas por trayectoria totales $P_L$

$$P_L|_{dB} = P_{Lo} + P_{lluvia} \quad [8]$$

$$P_{Lo} = \left(\frac{4\pi R}{\lambda}\right)^2 = \left(\frac{4\pi Rf}{c}\right)^2 \quad [9]$$

$P_{Lo}$ : pérdidas de espacio libre

$P_{lluvia}$ : pérdidas por lluvia

R: Distancia entre la estación terrena y el satélite.  $R = 37908$  km

$f$ : Frecuencia de subida del enlace  $f = 13750$  MHz

$$P_{Lo} = \left( \frac{4\pi(37908 \times 10^3)(13750 \times 10^6)}{3 \times 10^8} \right)^2$$

$$P_{Lo} = 4.7669 \times 10^{20} \text{ dB}$$

En dB

$$P_{Lo}|_{dB} = 206.78 \text{ dB}$$

Las pérdidas por lluvia se expresan como:

$$P_{lluvia} = P_{atm} + P_{prec} \quad [10]$$

$P_{atm}$  : pérdidas atmosféricas,  $P_{atm} = 0.1$  dB

$P_{prec}$  : Pérdidas por precipitaciones. Depende de la frecuencia y el ángulo de elevación, y para la banda Ku típicamente está entre 0,5 y 1,5 dB [13]. Para este caso tomo el valor de  $P_{prec} = 1.5$  dB.

$$P_{lluvia} = 0.1 + 1.5$$

$$P_{lluvia} = 1.6 \text{ dB}$$

Así  $P_L$  es:

$$P_L|_{dB} = 206.78 + 1.6$$

$$P_L|_{dB} = 208.38 \text{ dB}$$

❖ **Ganancia de recepción del satélite**  $G_{r_{sat}}$

La ganancia de recepción de la antena del satélite tiene un valor, para este diseño se asume un valor de 41.4 dBi, ver anexo 5; por tanto:

$$G_{r_{sat}} = 41.4 \text{ dBi}$$

❖ **Temperatura de ruido del sistema**  $T_S$

La temperatura de ruido del sistema para este diseño es de 56 K:

$$T_S = 56 \text{ K}$$

$$T_S |_{dB} = 17.48 \text{ dB}$$

❖ **Figura de mérito**  $G/T$

$$\frac{G}{T} |_{dB} = G_{r_{sat}} - T_S - P_{go} - P_{pol} \quad [11]$$

$P_{pol}$ : Pérdidas por polarización. Valor típico:  $P_{pol} = 0.1 \text{ dB}$

$P_{go}$ : Pérdidas producidas por guías de onda conectadas entre la antena y el receptor del satélite.  $P_{go} = 1 \text{ dB}$

$$\frac{G}{T} |_{dB} = 41.4 - 17.48 - 1 - 0.1$$

$$\frac{G}{T} |_{dB} = 22.82 \text{ dB|K}$$

❖ **Relación  $C/T$**

$$\frac{C}{T} |dB = PIRE - P_L - \frac{G}{T} - P_{atm} [12]$$

$$\frac{C}{T} |dB = 46.75 - 208.38 - 22.82 - 0.1$$

$$\frac{C}{T} |dB = -184.55 \text{ dBW/K}$$

❖ **Relación portadora-densidad de ruido  $C/N$**

$$\frac{C}{N_o} |dB = \frac{C}{T} - K [13]$$

K = Constante de Boltzmann. K = -228.6 dBW/HzK

$$\frac{C}{N_o} |dB = -184.55 - (-228.6)$$

$$\frac{C}{N_o} |dB = 44.05 \text{ dB}$$

❖ **Relación  $E_b/N_o$**

$$\frac{E_b}{N_o} |dB = \frac{C}{N_o} - 10 \log(R_b) [14]$$

$R_b$ : Velocidad de transmisión del equipo VSAT. Especificado en las hojas de datos.

En este diseño, se toma  $R_b = 256$  kbps (modulación OQPSK)

$$\frac{E_b}{N_o} |dB = 44.05 - 10 \log 256 \times 10^3$$

$$\frac{E_b}{N_o} |dB = -10.03 \text{ dB}$$

Los resultados obtenidos de los cálculos para el enlace de subida de la estación terrena están relacionados en la tabla 3.4.

**Tabla 3.4** Resultados del enlace de subida para la conexión a internet.

DATOS	RESULTADO
$G_t$	$29.8555 \times 10^3$
$G_t$ [dBi]	44.75
PIRE dBW	45.75
F [dBW/m <sup>2</sup> ]	-126.91
$P_{Lo}$ [dB]	$4.7669 \times 10^{20}$
$P_L$ [dB]	208.38
G/T [dB k]	22.82
C/T [dB k]	-184.55
C/N <sub>o</sub> [dB]	44.05
E <sub>b</sub> /N <sub>o</sub> [dB]	-10.03

#### 3.4.4 Diseño del enlace de bajada para recepción de internet

Para el diseño se emplea una frecuencia de  $f_{bajada} = 11432$  MHz.

##### ❖ PIRE del satélite

Tomado el footprint o pisadas del satélite en banda Ku para América del Sur.

$$PIRE = 51 \text{ dBW}$$

##### ❖ Pérdidas por trayectoria totales $P_L$

$$P_L[\text{dB}] = P_{Lo} + P_{l\text{luvia}}$$

$$P_{Lo} = \left(\frac{4\pi R}{\lambda}\right)^2 = \left(\frac{4\pi Rf}{c}\right)^2$$

$P_{Lo}$ : pérdidas de espacio libre

$P_{lluvia}$ : pérdidas por lluvia,  $P_{lluvia} = 1.6$

$R$ : Distancia entre la estación terrena y el satélite.  $R = 37908$  Km

$f$ : Frecuencia de subida del enlace  $f = 11432$  Mhz

$$P_{Lo} = \left( \frac{4\pi(37908 \times 10^3)(11432 \times 10^6)}{3 \times 10^8} \right)^2$$

$$P_{Lo} = 3.29 \times 10^{20} \text{ dB}$$

En dB

$$P_{Lo}|_{dB} = 205.17 \text{ dB}$$

Así  $P_L$  es:

$$P_L|_{dB} = 205.17 + 1.6$$

$$P_L|_{dB} = 206.77 \text{ dB}$$

#### ❖ **Ganancia de la antena receptora $G_r$**

$$G_r = \eta \left( \frac{\pi D}{\lambda} \right)^2 = \eta \left( \frac{\pi D f}{c} \right)^2 [14]$$

$$G_r|_{dB} = 10 \log G_r$$

$\eta$  : Eficiencia de la antena receptora. Normalmente  $\eta = 100 \% = 1$

$D$ : Diámetro de la antena receptora del equipo VSAT.  $D = 1.2$  Mts

$f$ : Frecuencia de subida del enlace. Se asigna un transponder que maneje 2 frecuencias (subida y bajada), las cuales deben estar avaladas por el Ministerio de Comunicaciones para comunicaciones. Para este caso,  $f = 11432$  MHz.

$$G_r = 1 \left( \frac{\pi(1.2)(11432 \times 10^6)}{3 \times 10^8} \right)^2$$

$$G_r = 20.63 \times 10^3$$

$$G_r|_{\text{dB}} = 10 \log 124.73 \times 10^6$$

$$G_r|_{\text{dB}} = 43.14 \text{ dB}$$

❖ **potencia de recepción  $P_r$**

$$P_r|_{\text{dB}} = \text{PIRE} + G_r - P_L - P_{\text{atm}} - P_{\text{go}} \quad [15]$$

De la ecuación:

$P_{\text{atm}}$ : Pérdidas atmosféricas.  $P = 0,1 \text{ dB}$

$P_{\text{go}}$ : Pérdidas producidas por guías de onda y líneas de transmisión conectadas al equipo VSAT.  $P_{\text{go}} = 1 \text{ dB}$

De esta forma:

$$P_r|_{\text{dB}} = 51 + 43.14 - 206.77 - 0.1 - 1$$

$$P_r|_{\text{dB}} = -113.73 \text{ dBW}$$

❖ **Temperatura de ruido del sistema  $T_S$**

Para este diseño, la temperatura se asume un valor de 131 K [10].

$$T_S = 132 \text{ K}$$

$$T_S|_{\text{dB}} = 21.2 \text{ dB}$$

❖ **Figura de mérito  $G/T$**

$$\frac{G}{T} |_{dB} = G_{r_{sat}} - T_S - P_{go} - P_{pol}$$

$P_{pol}$ : Pérdidas por polarización. Valor típico:  $P_{pol} = 0.1$  dB

$P_{go}$ : Pérdidas producidas por guías de onda conectadas entre la antena y el receptor del satélite. Para este caso,  $P_{go} = 1$  dB

$$\frac{G}{T} |_{dB} = 80.96 - 21.2 - 0.1 - 1$$

$$\frac{G}{T} |_{dB} = 57.7 \text{ dB/K}$$

#### ❖ Densidad de ruido $N_o$

$$N_o = T_S + K + B$$

K: Constante de Boltzmann.  $K = -228.6$  dBW / HzK

B: ancho de banda del transponder.  $B = 36$  Mhz [10].

$$B |_{dB} = 75.56 \text{ dBHz}$$

$$N_o = 21.2 + (-228.6) + 75.56$$

$$N_o = -131.84 \text{ dBW}$$

#### ❖ Relación portadora-densidad de ruido $C/N_o$

$$\frac{C}{N_o} |_{dB} = P_r - N_o$$

$$\frac{C}{N_o} |_{dB} = -237.87 - (-131.84)$$

$$\frac{C}{N_o} |_{dB} = -106.03 \text{ dB}$$

#### ❖ Relación $E_b/N_o$

$$\frac{E_b}{N_o} |dB = \frac{C}{N_o} - 10 \log(R_b)$$

$R_b$ : Velocidad de recepción del equipo VSAT. Especificado en las hojas de datos.

En este diseño, se toma  $R_b = 45$  kbps (modulación 16 APSK)

$$\frac{E_b}{N_o} |dB = -106.03 - 10 \log(45 \times 10^3)$$

$$\frac{E_b}{N_o} |dB = -152.56 \text{ dB}$$

Los resultados obtenidos de los cálculos para el enlace de baja de la estación terrena están relacionados en la tabla 3.5.

**Tabla 3.5** Resultados del enlace de bajada para la conexión a internet.

DATOS	RESULTADO
<b>G<sub>r</sub></b>	20.63x10 <sup>3</sup>
<b>G<sub>r</sub> [dBi]</b>	43.14
<b>PIRE del Satélite dBW</b>	51
<b>P<sub>Lo</sub> [dB]</b>	3.29x10 <sup>20</sup>
<b>P<sub>L</sub> [dB]</b>	206.77
<b>P<sub>r</sub></b>	-113.73
<b>G/T [dB k]</b>	57.7
<b>C/N<sub>o</sub> [dB]</b>	-106.03
<b>E<sub>b</sub>/N<sub>o</sub> [dB]</b>	-152.56

#### 3.4.5 Ancho de banda requerido para enlace de internet

El ancho de banda que se empleará para el enlace de Internet viene dado por las características técnicas del equipo VSAT implementado, tales como sus

velocidades de transmisión y recepción, la codificación y el tipo de modulaciones implementadas.

❖ Ancho de banda para el enlace de subida

$R_b$ : Rata de bit de información de transmisión.  $R_b = 256$  kbps.

Modulación empleada: QPSK.

$\Gamma$ : Eficiencia espectral de la modulación.  $\Gamma = 1$ .

P:  $\frac{1}{2}$ : Razón de código (FEC) =  $\frac{2}{3}$

Rata de bit transmitido

La rata de bit transmitido  $R_c$  corresponde a la razón de bit actual en un enlace dado mientras la conexión está activa. Se halla por medio de:

$$R_c = \frac{R_b}{\rho}$$

$$R_c = \frac{256 \times 10^3}{0.66}$$

$$R_c = 387.87 \text{ kbps}$$

Ancho de banda para el enlace de subida

$$B_{\text{sub}} = \frac{R_c}{\Gamma}$$

$$B_{\text{sub}} = \frac{387.87 \times 10^3}{1}$$

$$B_{\text{sub}} = 387.87 \text{ kHz}$$

❖ Ancho de banda para el enlace de bajada

Se realiza el mismo procedimiento empleado anteriormente para determinar ancho de banda; esta vez se toman las características del equipo VSAT para recepción de datos [10]:

$R_b$ : Rata de bit de información de transmisión.  $R_b = 45$  kbps.

Modulación empleada: QPSK.

$\Gamma$ : Eficiencia espectral de la modulación.  $\Gamma = 1$ [14].

P:  $\frac{1}{2}$ : Razón de código (FEC) =  $\frac{2}{3}$

Rata de bit recibido

La rata de bit transmitido  $R_c$  corresponde a la razón de bit actual en un enlace dado mientras la conexión está activa [2]. Se halla por medio de:

$$R_c = \frac{R_b}{\rho}$$

$$R_c = \frac{45 \times 10^3}{0.66}$$

$$R_c = 68.18 \text{ kbps}$$

Ancho de banda para el enlace de bajada

$$B_{\text{baj}} = \frac{R_c}{\Gamma}$$

$$B_{\text{baj}} = \frac{68.18 \times 10^3}{1}$$

$$B_{\text{baj}} = 68.18 \text{ kHz}$$

❖ Ancho de banda total del enlace

El ancho de banda utilizado del transponder elegido es la sumatoria del ancho de banda de subida y del ancho de banda de bajada, así:

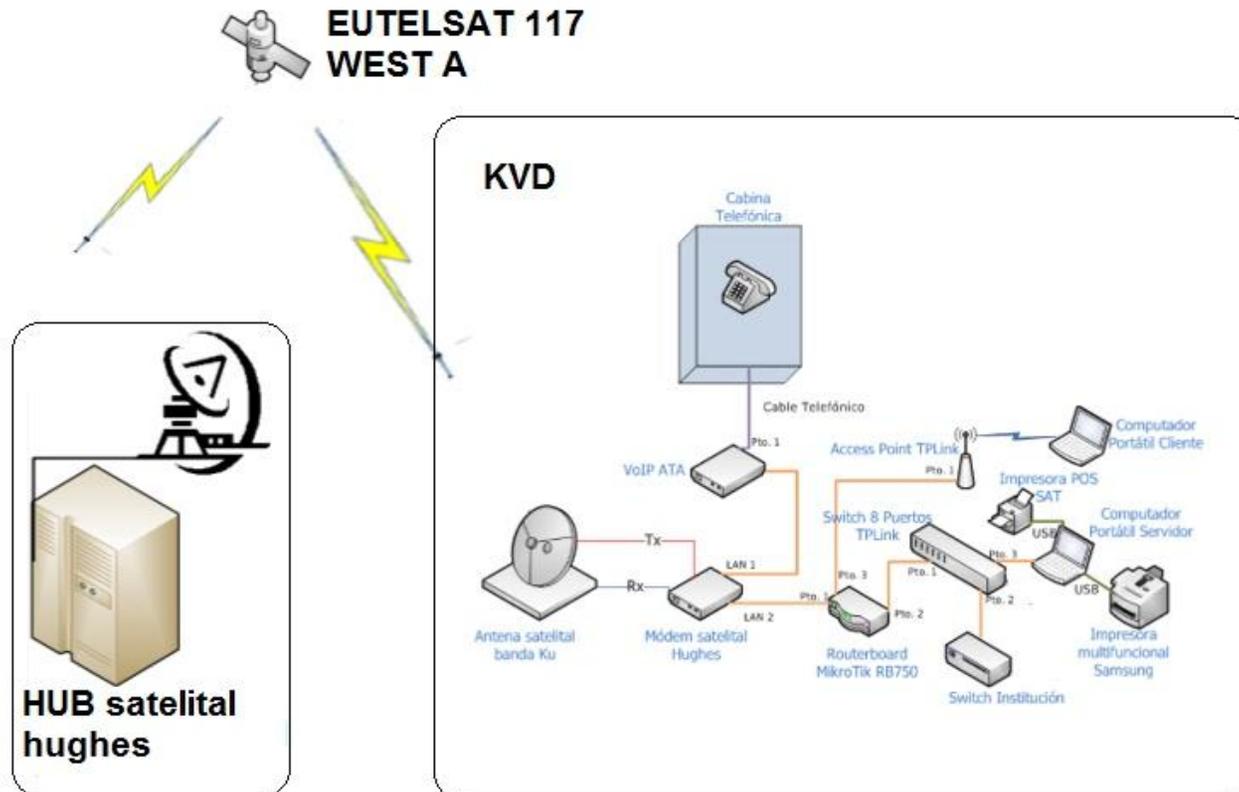
$$B_{\text{total}} = B_{\text{sub}} + B_{\text{baj}}$$

$$B_{\text{total}} = 387.87 \text{ kHz} + 68.18 \text{ kHz}$$

$$B_{\text{total}} = 456.05 \text{ kHz}$$

En la figura 3.3 se muestra el diseño definitivo de la red VSAT a instalar

**Figura 3.3** Esquema de los componentes de la Red VSAT a instalar.



Fuente Anditel S.A

### 3.5 INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL KIOSCO VIVE DIGITAL

#### 3.5.1 Implementación de la Estación Remota

Para el desarrollo del proyecto es necesario conocer los equipos y herramientas necesarias para la instalación de la estación terrena.

##### ❖ Herramientas Requeridas

Destornilladores de pala y estrella.

Alicates.

Pinzas.

Cortafrío.

Alicates de punta acodada (“pico de loro”).

Pinza pelacables.

Ponchadora para terminales de Rj45.

Marco de segueta.

Juego de llaves fijas.

Llave expansiva.

Multímetro.

Extensión eléctrica AC.

Taladro de trabajo pesado con mandril de  $\frac{1}{2}$ ”.

Juego de brocas lámina.

Broca para metal 14 mm

Broca tungsteno  $\frac{5}{8}$ ” x 5” pasa muro con reductor si mandril es de  $\frac{1}{2}$ ”

Broca tungsteno  $\frac{1}{2}$ ” X 3”.

Broca tungsteno  $\frac{1}{4}$ ”

Equipo medición de nivel de señal Sat Finder.

Computador portátil.

Brújula.

GPS

Bisturí.

Ponchadora cable RG6, conectores F.

Sonda para cables.

Cable de consola (cable serial).

❖ Componentes de la Estación Terrena

En el proceso de implementación física de la estación remota intervienen varios componentes:

Antena Parabólica de 1.20 MT

LNB

BUC

VoIP ATA

Router Mikrotik

Switch de 8 puertos

Access Point

Regulador de Voltaje

Teléfono

Cabina telefónica

Cable coaxial RG-6 al 90%

Cable cobre 7 hilos AWG 12 THW color verde

Cable cobre No 6 color verde

Cable telefónico 2 pares categoría 3

4 Conectores tipo N hembra

Tubo EMT ½" X 3 MT

Tubo PVC de ½" X 3 MT

Curva EMT ½"

Unión EMT ½"

Canaleta 2.5 X 2.5 cm X 2 MT

Unión Canaleta 2.5 X 2.5

Paquete Hidrosolta por 10 Kg  
Varrilla enchaquetada 5/8" X 1.8 MT

### 3.5.2 Armado de la antena

Como primer paso se Verificaron las condiciones iniciales del sitio, se establecio un plan de trabajo determinando trayectos de cableado antena, sistema eléctrico si se debe implementar, polo a tierra y ubicación de los elementos que conforman la sub estación terrena. Una vez identificado el sitio procedemos al armado de la antena y de la unidad de radio para su respectivo montaje.

Se debe considerar el diámetro de la antena ya que determina su ganancia y el ancho del haz, las de mayor diámetro tienen mayor ganancia y haces más directivos en cambio las antenas pequeñas tienen menor ganancia y son más susceptibles de generar y recibir interferencias de satélites adyacentes.

Antes de realizar la instalación, debe hacerse una inspección para saber si es posible que se pueda apuntar al satélite correctamente.

Ya definida la ubicación de la antena satelital y la ruta de cableado se comienza con el proceso de instalación siguiendo los siguientes pasos:

- ✓ Armado de la antena y equipo RF.
- ✓ Tendido de cable RG6.
- ✓ Verificación de los voltajes de Fase, Neutro y Tierra física.
- ✓ Conexión a tierra física para ODU.
- ✓ Instalación y configuración del equipo interior.
- ✓ Apuntamiento de antena y aseguramiento de línea de vista.
- ✓ Activación de antena.
- ✓ Impermeabilización de zona de taquetes.
- ✓ Realización de las pruebas de activación correspondientes.

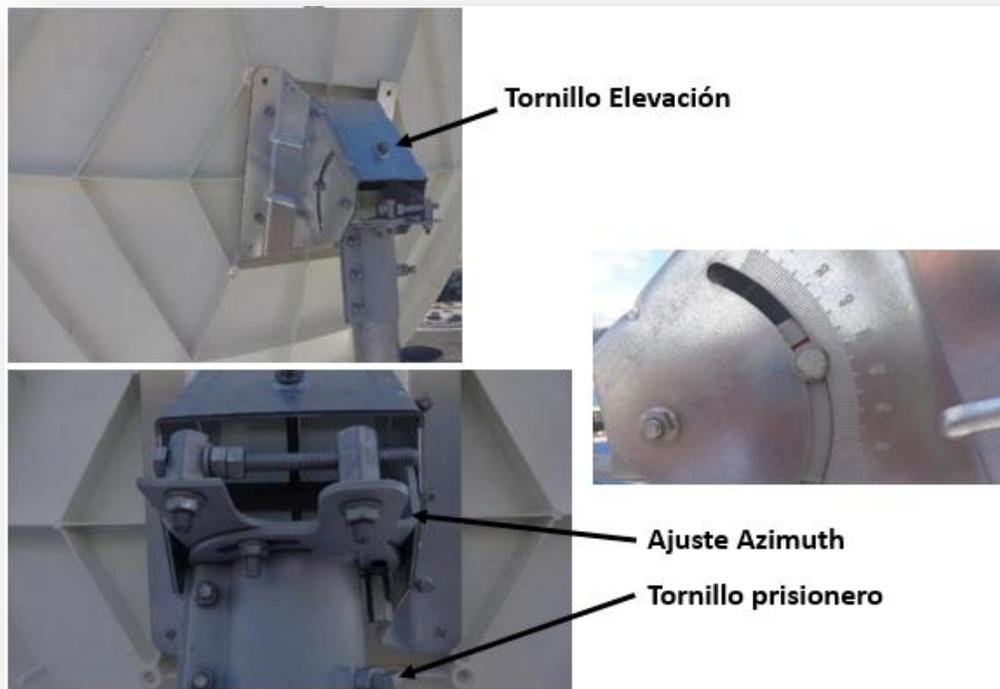
Para la ubicación de estos elementos, debe de tomarse en cuenta la polaridad en la que se va a trabajar, en este caso la polaridad de transmisión es horizontal y la polarización de recepción es vertical.

**Figura 3.4** Polarización del RF integrada.



Para realizar esta polarización la RF integrada debe ser girada en sentido de las manecillas del reloj  $5^\circ$  como se observa en la Figura 3.4. Ya montada la antena es necesario regular los ángulos visuales de la antena (azimut y la elevación) como se muestra en la Figura 3.5, estos ángulos solo deben ajustarse una sola vez ya que el satélite permanece en determinada posición, salvo pequeñas variaciones ocasionales.

**Figura 3.5** Ajuste del azimut y la elevación de la antena.



Fuente Autor.

Terminado todo este procedimiento de ajuste del azimuth y la elevación de la antena se procede a realizar la instalación de las líneas de transmisión y recepción, que se realiza conectando el cable coaxial RG-6 desde la RF de la antena, realizando el recorrido más adecuado teniendo en cuenta los radios mínimos de curvatura, hasta llevarlos a la unidad interna que en este caso es el modem, como se muestra en la Figura 3.6.

**Figura 3.6** Recorrido del cable desde la RF por el mástil de la antena hasta el modem.



Una vez instalada la antena físicamente, y contando con los recursos lógicos correspondientes, es momento de habilitar el enlace. Para esto será necesario configurar el modem, de tal manera que asegure una comunicación con el satélite, calibrar finamente la orientación de la antena para mejorar al máximo los niveles de recepción, y lograr el comisionamiento de la estación terrena frente al satélite con su correspondiente registro en el HUB.

### **3.6 PROCEDIMIENTO DE CONFIGURACIÓN DEL MODEM HUGHES HX90**

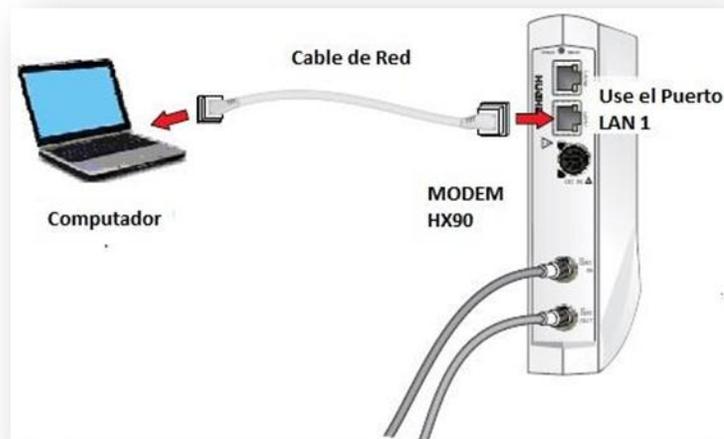
A continuación se muestra de forma detallada la configuración y comisionamiento de un terminal satelital Hughes. Con este manual se pretende evitar cualquier contratiempo en los equipos por falla humana.

Para la correcta instalación del modem Hughes HX90 se debe realizar los siguientes pasos:

- ✓ Conectar los cables Rx Y Tx (cable coaxial RG6) desde la antena hasta la unidad interna (modem).
- ✓ Conectar el modem del puerto LAN1 al computador.
- ✓ Deshabilitar el Firewall del computador.
- ✓ Deshabilite el escudo de seguridad del antivirus.
- ✓ Conecte el modem a la energía.
- ✓ Encienda el modem y observe que los LED estén en funcionamiento normal.

En la figura 3.7 se observa el montaje de conexión del terminal remoto HX90.

**Figura 3.7** Diagrama de montaje para acceso al modem.

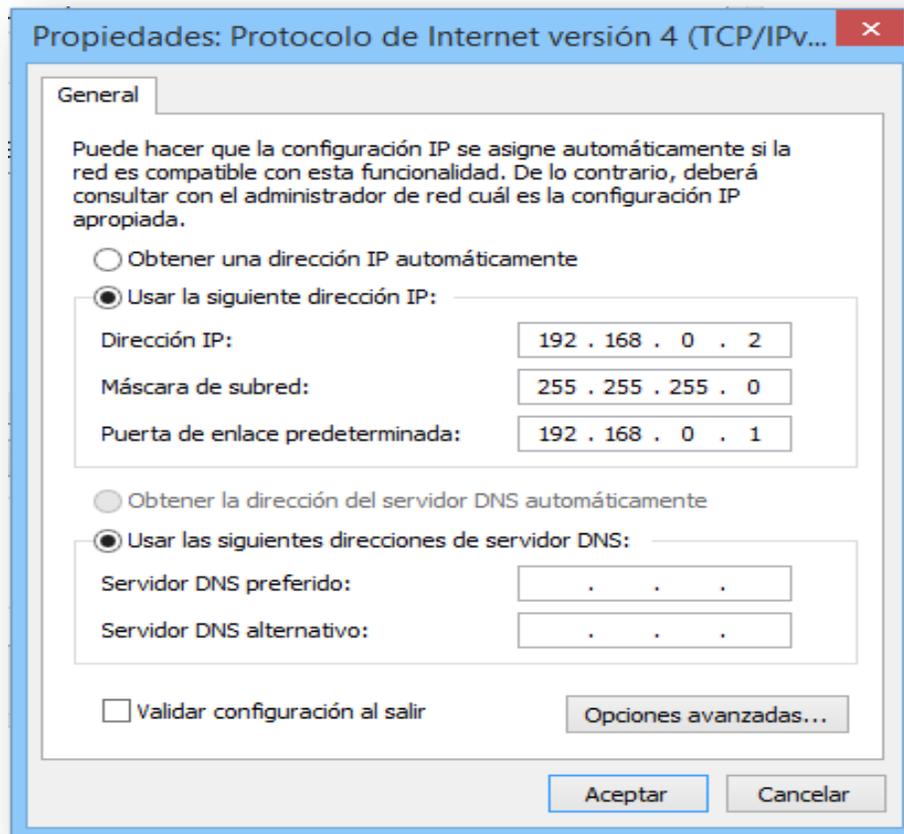


Fuente Anditel S.A.

### 3.6.1 Acceso al Modem.

Para iniciar el acceso al modem es necesario configurar la interfaz de red del computador como se muestra en la Figura 3.8.

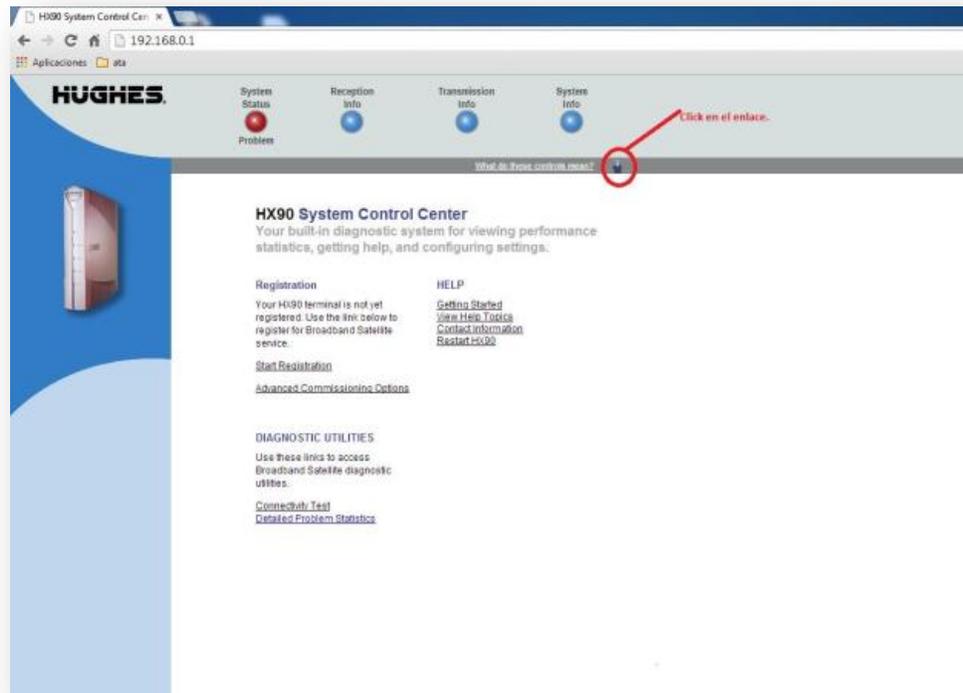
**Figura 3.8** Configuración de los parámetros de red en el PC.



Ya realizada la configuración de la interfaz de red, se conecta el PC al modem por medio de cable de red a la interfaz del modem LAN1.

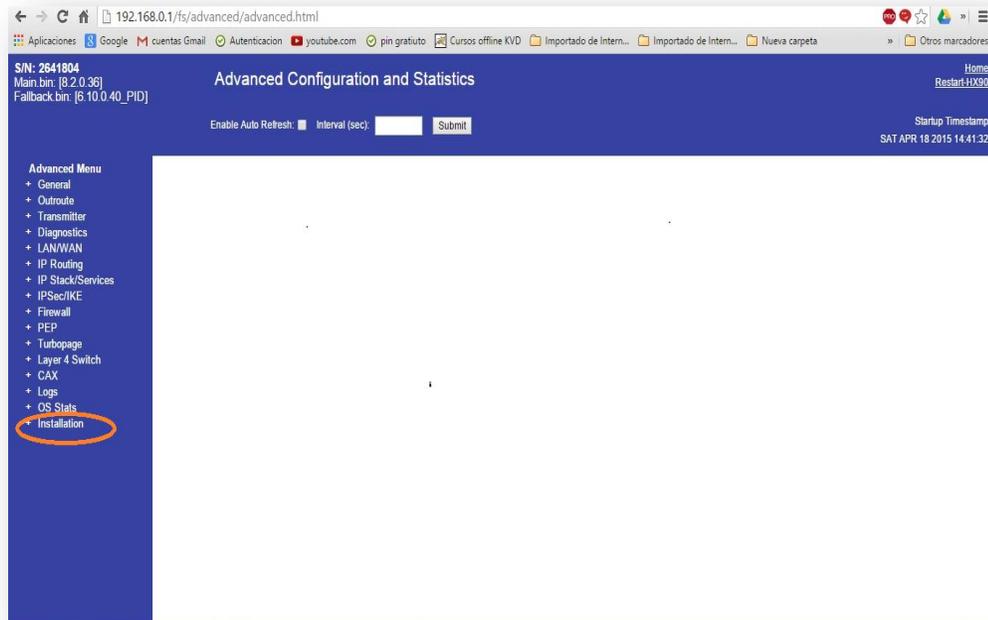
Conectado el Pc al modem se abre un navegador y se digita en la barra de búsqueda la dirección IP 192.168.0.1, que direcciona a la interfaz gráfica de administración del terminal.

Figura 3.9 Ingreso al terminal remoto.



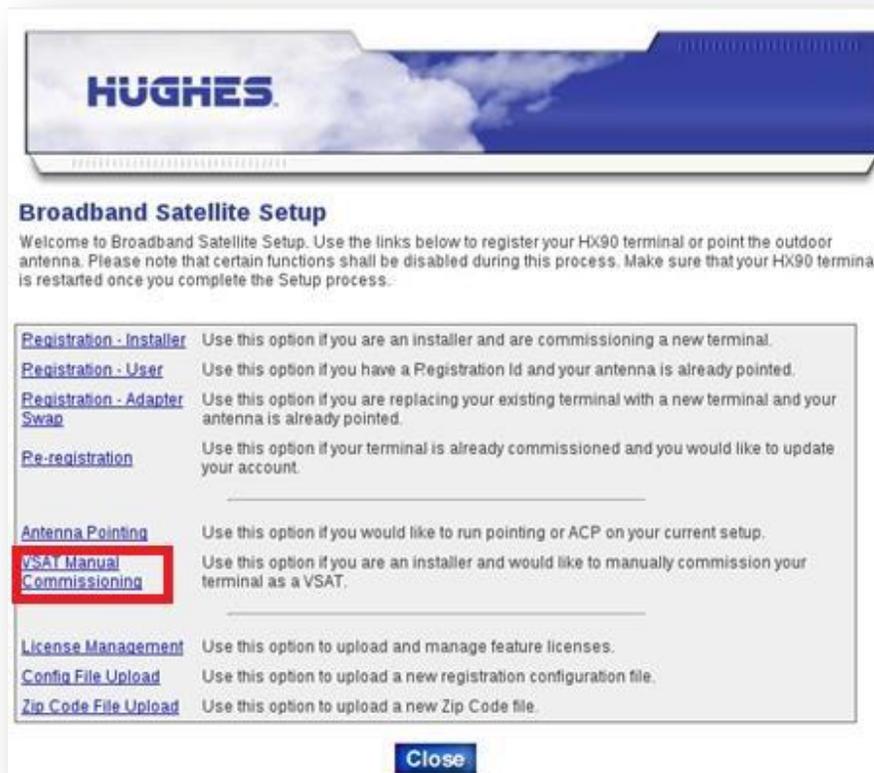
En esta pantalla se puede observar las condiciones iniciales del terminal, para iniciar con el proceso de configuración de la estación terrena es necesario hacer click en el enlace sobre el icono donde aparece la imagen del policía, como se muestra en la Figura 3.9. Este lleva al menú advanced configuration and statistics; en esta página se encuentra todas las opciones de configuración permitidas en este dispositivo, ubicado en el sector izquierdo de la página en forma de menú como se muestra en la Figura 3.10.

**Figura 3.10** Menú advanced configuration and statistics.



Para iniciar el proceso de instalación click en el signo + de installation, ubicado en el sector izquierdo de la página, una vez desplegado este menú click en el submenú setup el cual abre una nueva ventana. En esta nueva ventana seleccionar la opción VSAT manual Commissioning como se muestra en la Figura 3.11, se abrirá una nueva ventana donde se ingresan las especificaciones técnicas del sitio de instalación.

Figura 3.11 Configuración manual vsat.



**HUGHES**

### Broadband Satellite Setup

Welcome to Broadband Satellite Setup. Use the links below to register your HX90 terminal or point the outdoor antenna. Please note that certain functions shall be disabled during this process. Make sure that your HX90 terminal is restarted once you complete the Setup process.

<a href="#">Registration - Installer</a>	Use this option if you are an installer and are commissioning a new terminal.
<a href="#">Registration - User</a>	Use this option if you have a Registration Id and your antenna is already pointed.
<a href="#">Registration - Adapter Swap</a>	Use this option if you are replacing your existing terminal with a new terminal and your antenna is already pointed.
<a href="#">Re-registration</a>	Use this option if your terminal is already commissioned and you would like to update your account.
<hr/>	
<a href="#">Antenna Pointing</a>	Use this option if you would like to run pointing or ACP on your current setup.
<a href="#">VSAT Manual Commissioning</a>	Use this option if you are an installer and would like to manually commission your terminal as a VSAT.
<hr/>	
<a href="#">License Management</a>	Use this option to upload and manage feature licenses.
<a href="#">Config File Upload</a>	Use this option to upload a new registration configuration file.
<a href="#">Zip Code File Upload</a>	Use this option to upload a new Zip Code file.

[Close](#)

Es el momento de ingresar los datos asignados para la operación de la estación remota, como se muestra en la figura 3.12.

Figura 3.12 Configuración de parámetros de la estación remota.

The screenshot displays the 'VSAT Manual Commissioning' web interface in a Google Chrome browser window. The page title is 'Broadband Satellite HX90 Manual Commissioning'. It features a Hughes logo at the top. The configuration is organized into several sections:

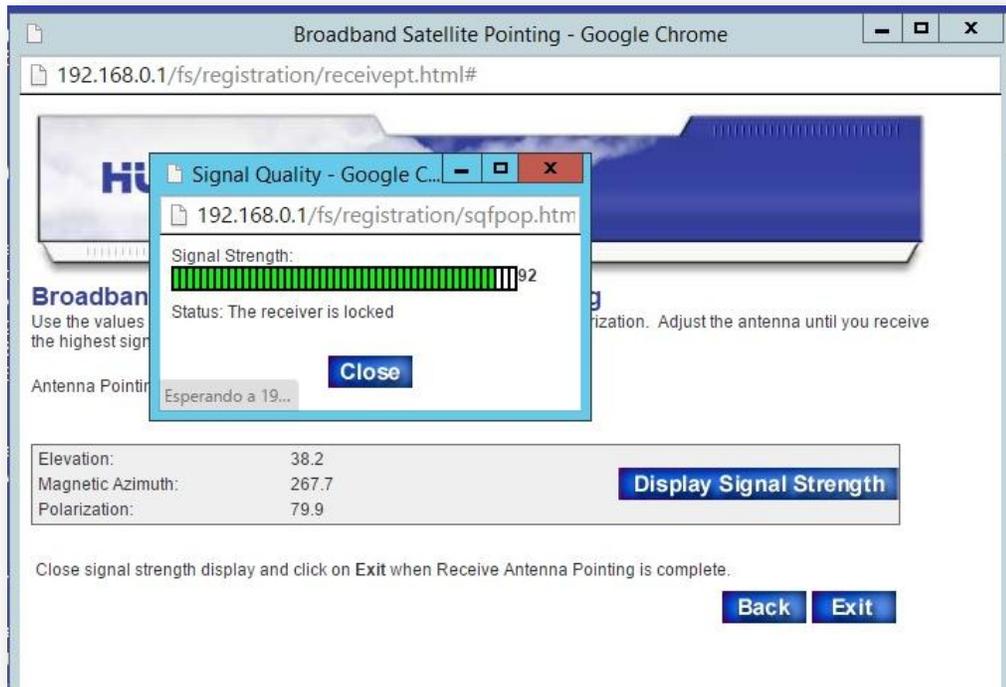
- Satellite Parameters:** Includes fields for Longitude (117, 0, West), Frequency (11432), Symbol Rate (1000000), DVB Mode (DVB-S2-ACM), Receive Polarization (Vertical), Frame Mode (DVB-S2-MPE), LNB 22KHz Switch (Off), and Transmit Polarization (Horizontal).
- VSAT Parameters:** Includes Longitude (72, 26, West) and Latitude (7, 12, North).
- LAN Parameters:** Includes LAN 1 IP Address (172.25.13.241), LAN 1 Subnet Mask (255.255.255.252), LAN 2 IP Address (172.30.13.241), and LAN 2 Subnet Mask (255.255.255.252).
- Management Parameters:** Includes IP Gateway IP Address (192.168.12.104), SDI Control Channel IP Address (224.0.1.6), DVB Program Num for User Data (20500), DVB Program Num for DINCC Data (40000), VSAT Management IP Address (13.1.13.241), Default Gateway IP Address (0.0.0.0), VSAT Return Path (Inroute), and Dynamic Routing Enabled (Disabled).
- Radio Parameters:** Includes Receive LNB Type (Invacom\_UniversalKu) and Transmit Radio (2 Watt).

At the bottom right, there are 'Save Configuration' and 'Cancel' buttons.

Una vez registrado los parámetros de la estación terrena, click en el botón Save Configuration para guardar los cambios establecidos. A continuación se verifican los parámetros de apuntamiento de la antena, esto se puede observar en ventana de configuración manual en la pestaña de antenna pointing. Al inicio puede ser que la antena no esté apuntada, por esta razón es necesario realizar barridos de azimuth y elevación en la antena para alcanzar los niveles de señales necesario,

para este caso es necesario que la señal se encuentre en un rango de 90 a 100, como se muestra en la figura 3.13.

**Figura 3.13** Señal de apuntamiento de la antena.



Alcanzado el máximo nivel de señal click en close de la ventana signal Strength y click en Next de la ventana Broadband Satellite Pointing. Realizado el proceso de apuntamiento de la antena satelital se desplegara una nueva ventana la cual permite registrar el modem que se está utilizand, para esto es necesario seleccionar la opción HX90\_Registration y click en next, como se observa en la figura 3.14 .

**Figura 3.14** Proceso de registro del Modem HX 90.

**HUGHES**

### Broadband Satellite - Registration Server Selection

The HX90 terminal will now connect to the Registration Server to continue the setup process. Please select the Registration Server from the list below or manually enter the Registration Server URL, then click **Next** to continue.

Choose Server:

Enter Registration Server address manually  Secure HTTP Mode

HTTP://

Fuente Autor.

Una vez realizado este procedimiento el sistema dará inicio a la descarga de llaves o archivos que darán correcto comisionamiento del modem, como se observa en la figura 3.15.

**Figura 3.15** Proceso de descarga de archivo para registro del Modem.



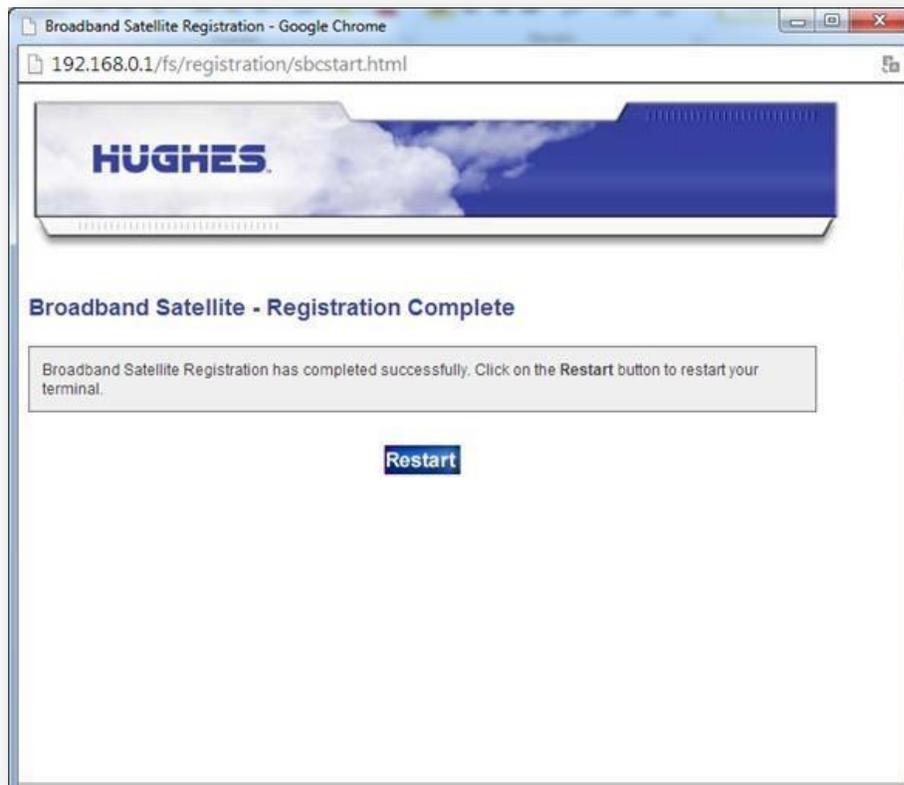
Finalizado este proceso click en el botón Next, y se abrirá una ventana confirmando el correcto registro del Modem, como se muestra en la figura 3.16.

Figura 3.16 Confirmación de registro del Modem.



Terminado el proceso de registro del modem, nos pide reiniciarlo para esto es necesario dar click el botón Restart como se muestra en la Figura 3.17.

**Figura 3.17** Confirmación de Registro del Modem.



Con lo anterior se finaliza el proceso de comisionamiento del modem.

Comisionado el Modem, es importante verificar que la configuración sea la correcta y no se haya modificado. Para esto click en el menú Config Params esto es muy importantes revisarlo ya que evita eventualidades en el proceso de funcionamiento de la estación VSAT.

Figura 3.18 Verificación de Configuración del Modem.

S/N: 2641804  
 Main bin: [8.2.0.36]  
 Fallback bin: [6.10.0.40\_PID]

### Advanced Configuration and Statistics

Enable Auto Refresh:  Interval (sec):

- | - KIR Stats per VLAN (ID)
- | - RIPng Stats per VLAN (ID)
- | - VIP Stats
- | - Idle Sleep/Normal mode logs
- | + - More -
- + IP Stack/Services
- + IPsec/IKE
- + Firewall
- + PEP
- + Turbopage
- + Layer 4 Switch
- + CAX
- + Logs
- + OS Stats
- Installation
  - | - Setup
  - | - ACP Stats
  - | - Ranging Stats
  - | - Force Ranging
  - | - Force WAloha
  - | - SDL Monitor
  - | - SDL Profile
  - | - SDL Missed Frames
  - | - Licensing
  - | Config Params

#### Config Params

Fallback.bin Creation Date [Release #]: Apr 3 2013, 13:19:50 [6.10.0.40\_PID]  
 Current Software Image Executing: Main.bin  
 Creation Date [Release #]: Jan 31 2014, 08:59:48 [8.2.0.36]  
 NAT Status: Disabled  
 DHCP Server Status: Enabled on Lan1  
 Firewall Status: Disabled  
 VSAT Zipcode: Not Available

Parameter	Value locally configured	Value in use
VSAT Return Path:	Inroute	Inroute
Satellite Longitude in degrees and mins:	117 0	117 0
Satellite Hemisphere:	West	West
VSAT Longitude in degrees:	72	72
VSAT Longitude in minutes:	26	26
VSAT Longitude Hemisphere:	West	West
VSAT Latitude in degrees:	7	7
VSAT Latitude in minutes:	12	12
VSAT Latitude Hemisphere:	North	North
Satellite Channel Frequency:	11432 (x 100KHz)	11432 (x 100KHz)
Receive Symbol Rate:	10000000 Sps	10000000 Sps
Receive Polarization:	Vertical	Vertical
Transmit Polarization:	Horizontal	Horizontal
LNB 22KHz Switch:	Off	Off
DVB Mode:	DVB-S2-ACM	DVB-S2-ACM
Encapsulation Mode:	MPEG	MPEG
Frequency Band / Modulation:	Ku / QPSK	Ku / QPSK
DVB Program Num for User Data:	20500	20500
DVB Program Num for DNCC Data:	40000	40000
LAN1 IP Address:	172.25.13.241	172.25.13.241
LAN1 Subnet Mask:	255.255.255.252	255.255.255.252
LAN2 IP Address:	172.30.13.241	172.30.13.241
LAN2 Subnet Mask:	255.255.255.252	255.255.255.252
IP Gateway IP Address:	192.168.12.104	192.168.12.104
SDL Control Channel Multicast Address:	224.0.1.6	224.0.1.6
VSAT Management IP Address:	13.1.13.241	13.1.13.241
LAN1 IPv6 Address/Prefix:		::0
LAN2 IPv6 Address/Prefix:		::0

Figura 3.1 Status de la Estación Remota Activada.

S/N: 2641804  
Main.bin: [8.2.0.36]  
Fallback.bin: [6.10.0.40\_PID]

### Advanced Configuration and Statistics

Enable Auto Refresh:  Interval (sec):

- Advanced Menu
  - + General
  - + Outroute
  - + Transmitter
  - + Diagnostics
  - + LAN/WAN
  - + IP Routing
  - + IP Stack/Services
  - + IPSec/IKE
  - + Firewall
  - + PEP
  - + Turbopage
  - + Layer 4 Switch
  - + CAX
  - + Logs
  - + OS Stats
  - + Installation

#### Satellite Statistics Summary

-----  
Network Time: WED APR 29 08:53:13 2015  
-----

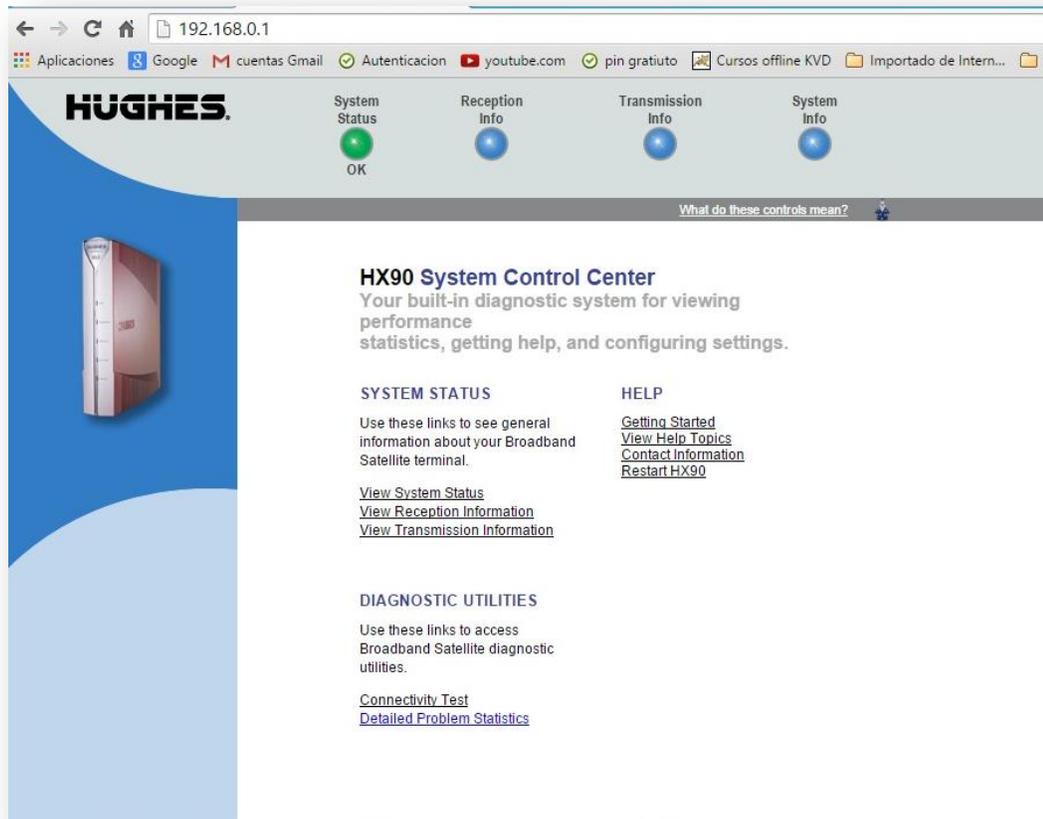
Adapter Main Statistics:  
-----

Signal Strength.....	92	Stream Msg-Ackd/Nakd.....	9157612/18571
Flags.....	0x00000000	NonStream Msg-Ackd/Nakd....	44669/14443
Stream Error Rate.....	0.20%	NonStream Error Rate.....	24.43%
UpTime (d:h:m:s)..	010:18:11:35	Aloha Starts.....	44693
WakeUp Aloha Starts.....	60	Ranging Starts.....	0
Transport Alarm Bit....	0x0000	Frames Received.....	31704484
Addresses Open.....	7	Frame Errors: CRC/Bad Key...	191/0
Carrier Info.....	117.0:W:11432	Miscellaneous Problems.....	2499
Rate Code.....	2048k 4/5 (LDPC)	No Receive Outroute Lock....	6916
Inroute Group.....	2	No FLL Lock.....	9888
Inroute.....	1	No Network Timing Sync.....	2468551
IQoS ID.....	2	Current Modcod.....	16APSK 2/3 (18)

Ranging Reason: Ranging Done  
Inroute Group Selection: Ranged at inroute rate selected by IQoS

Receive Status: Receiver operational. (RxCode 5)  
Transmit Status: Transmitter ready. (TxCode 8)

Figura 3.19 Verificación de Operación de la Estación Remota.



En la Figura 3.19, 3.20 y 3.21 se verifican los parámetros generales y estadísticas de operación de la estación.

Figura 3.20 Verificación de Operación de la Estación Remota.

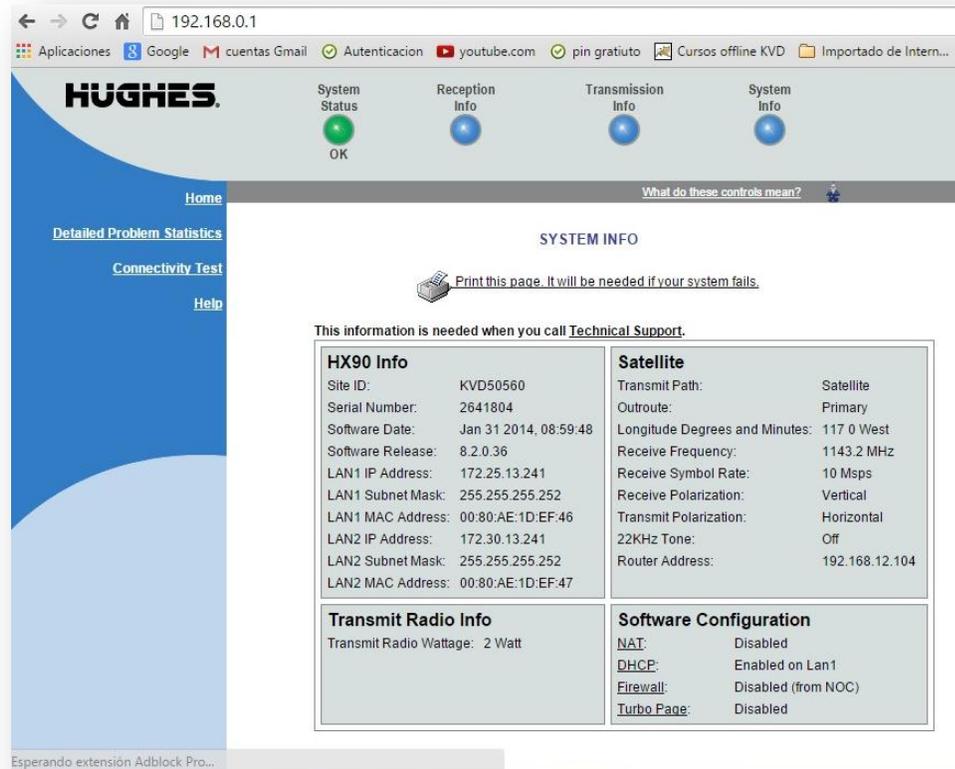
The screenshot shows a web browser window with the URL 192.168.0.1. The browser's address bar contains several tabs: 'Aplicaciones', 'Google', 'cuentas Gmail', 'Autenticacion', 'youtube.com', 'pin gratuito', 'Cursos offline KVD', and 'Importado de In'. The main content area features the 'HUGHES' logo on the left and four status indicators on the right: 'System Status' (green circle with 'OK'), 'Reception Info' (blue circle), 'Transmission Info' (blue circle), and 'System Info' (blue circle). Below these indicators is a link that says 'What do these controls mean?'. A navigation menu on the left includes 'Home', 'Detailed Problem Statistics', 'Connectivity Test', and 'Help'. The central part of the page is titled 'SYSTEM STATUS' and contains a table with the following data:

Signal Strength	92
<i>Note: Signal Strength is not an indicator of browsing speed. Precipitation can affect Signal Strength. If you do not see a red flag next to any of the status messages on this page, you should be able to browse the Internet successfully.</i>	
<u>Receive Status</u>	<u>Receiver operational. (RxCode 5)</u>
<u>Transmit Status</u>	<u>Transmitter ready. (TxCode 8)</u>
<u>Software Download Status</u>	<u>All files are up-to-date.</u>
<u>Service Status</u>	<u>Commissioned [Keys updated]</u>
<u>TCP Acceleration Status</u>	<u>Operational</u>
<u>Diagnostics Code</u>	0000-0000-0000-0005(Hourly) 0000-8000-0000-0001(Recent)

Al revisar todos los parámetros de configuración y comisionamiento se verifica que el perfil asignado para estación se ha estandarizado de acuerdo a la demanda y a las necesidades de la institución beneficiada. Se da por terminado el proceso de configuración del Modem HX 90.

Los recursos Ip asignados están determinados por el administrador de los recursos de red en el HUB y es quien determina la sub red y la máscara a entregar a cada estación remota.

Figura 3.21 Sistema de Operación de la Estación Remota.



### 3.6.2 Carga de Imagen Router Mikrotik

Para poder cargar la imagen al Router Mikrotik es necesario cumplir con los requisitos:

- ✓ Router Board 750
- ✓ Imagen Archivo
- ✓ Mikrotik.backup
- ✓ Cables de red
- ✓ Programa winbox

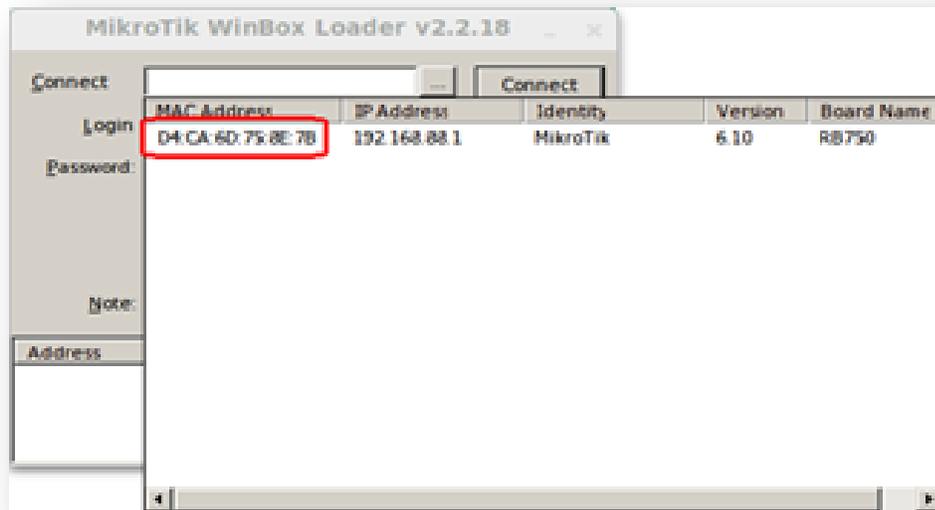
Para iniciar es necesario conectar el pc al Router Mikrotik a partir del puerto 2 y abrir la herramienta de Winbox, se puede descargar del siguiente link <http://download2.mikrotik.com/winbox.exe>.

**Figura 3.22** Herramienta Winbox.



En la opción Connect click en el botón (...) esto es con el fin que la herramienta Winbox escanea la Mac del equipo, Seleccionar la MAC-address del equipo, como se muestra en la Figura 3.23.

**Figura 3.23** Escáner de la Mac de la Herramienta Winbox.



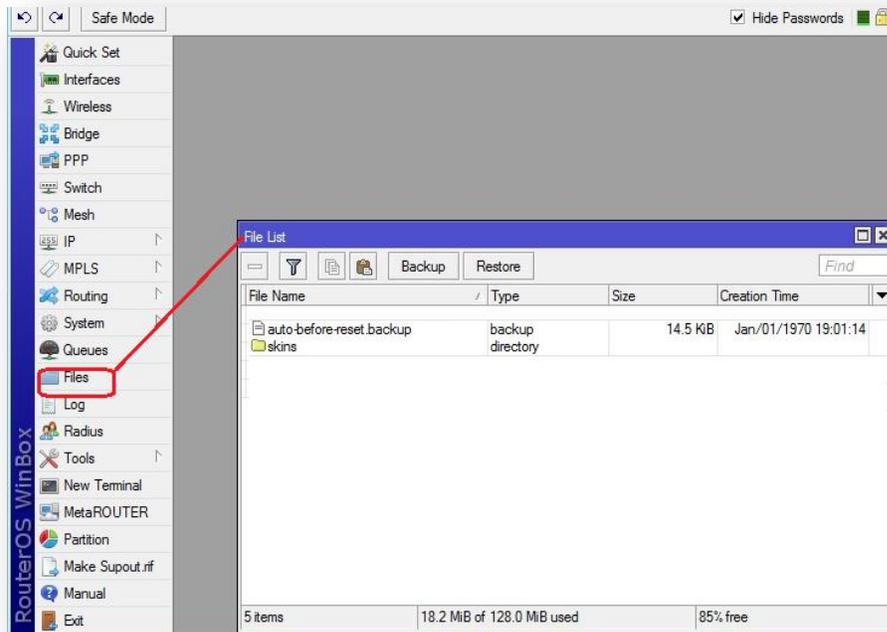
Una vez escaneada la MAC del equipo colocar el usuario y contraseña correspondiente y click en el botón connect como se muestra en la Figura 3.24.

**Figura 3.24** Herramienta Winbox.



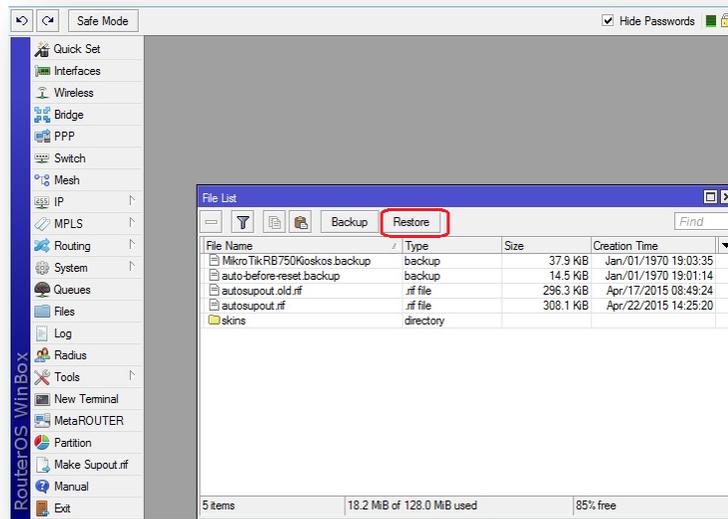
Realizados los pasos descritos en la Figura 3.24 se despliega la Interfaz gráfica de configuración del Mikrotik. Click en la opción Files como se muestra en la figura 3.25.

**Figura 3.25** Carga de Imagen del Router Mikrotik



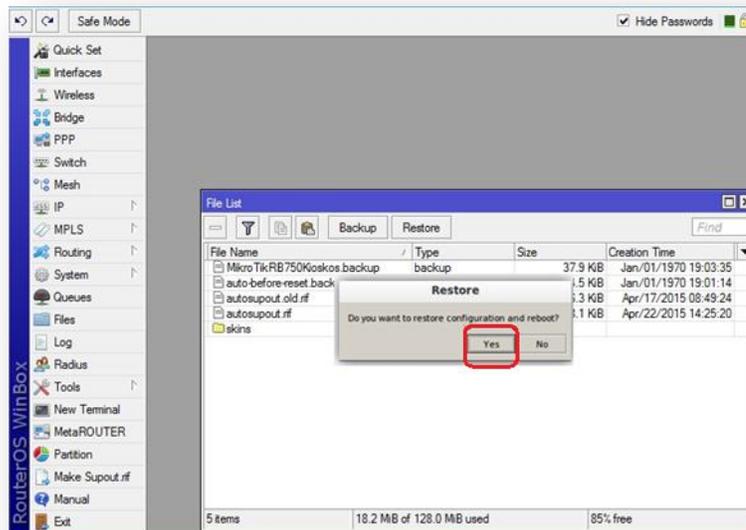
Arrastrar el archivo Mikrotik.backup hacia la Winbox, en la opción file como se muestra en la figura 3.25. Una vez cargado el archivo, click en la pestaña Restore como se muestra en la figura 3.26.

**Figura 3.26** Configuración del Router Mikrotik.

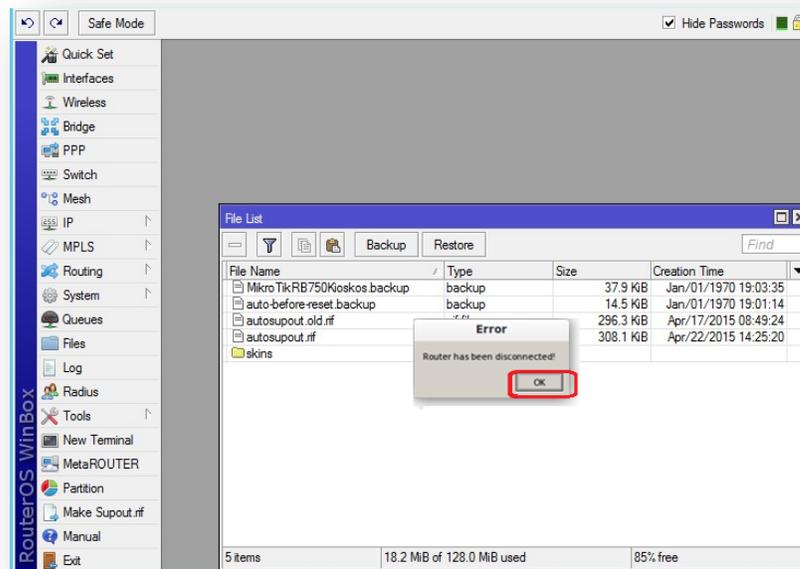


A continuación la herramienta Winbox pide confirmar el procedimiento de restauración.

**Figura 3.27** Configuración del Router Mikrotik.



**Figura 3.28** Configuración del Router Mikrotik.



Debido a la carga de la imagen el router se reinicia y la aplicación winbox notifica que el router queda por fuera y muestra un mensaje para cerrar la aplicación.

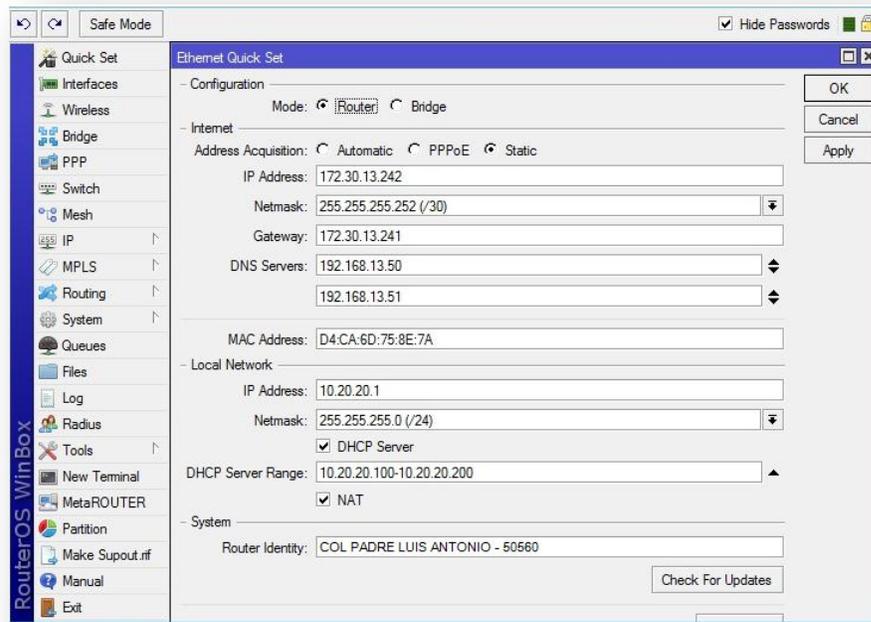
Abrir nuevamente la herramienta winbox y en el campo de connect digitar la siguiente dirección Ip 10.20.20.1; una vez dentro de la winbox seleccionar el botón new terminal y en la ventana de terminal e ingresar los siguientes comandos:

```
Ip address add address= 192.168.99.150/24 interface=INTERNET
```

```
Ip route add dst-address= 0.0.0.0/0 gateway=192.168.99.1
```

Con estos datos ingresados ya se confirma navegación.

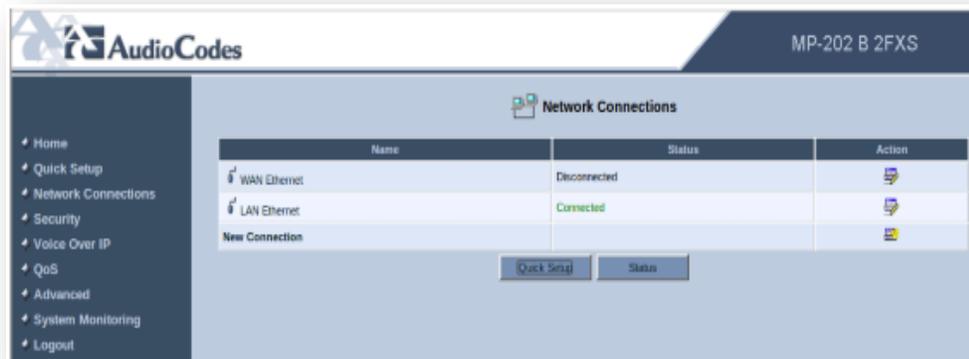
**Figura 3.29** Información de los parámetros de Configuración del Router Mikrotik.



### 3.6.3 Configuración del Audiocodes MP-202.

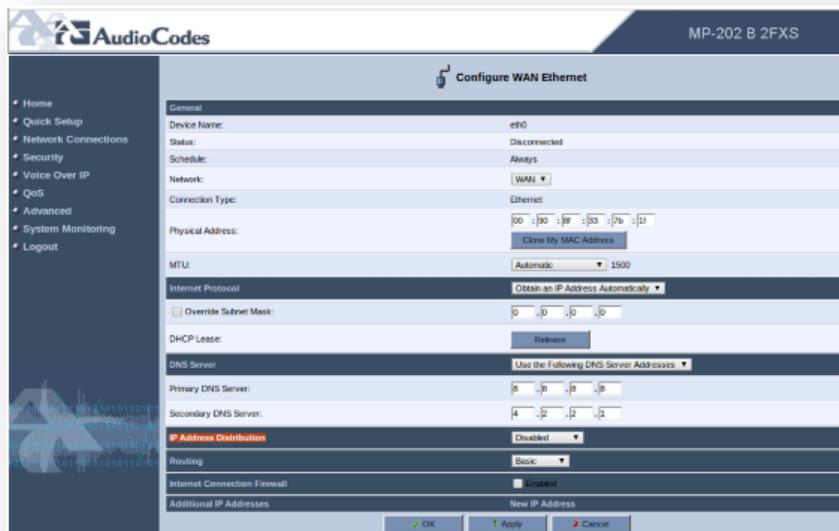
A continuación se relaciona la configuración del equipo ATA AudioCodes MP-202. Estos equipos vienen por defecto con la IP 192.168.2.1 en el puerto LAN, a través del cual se puede iniciar la configuración; para esto click en la pestaña Network Connections y luego click en la pestaña de Wan Ethernet en la columna de Action, como se muestra en la figura 3.30.

**Figura 3.30** Configuración Avanzada del AudioCodec MP-202.



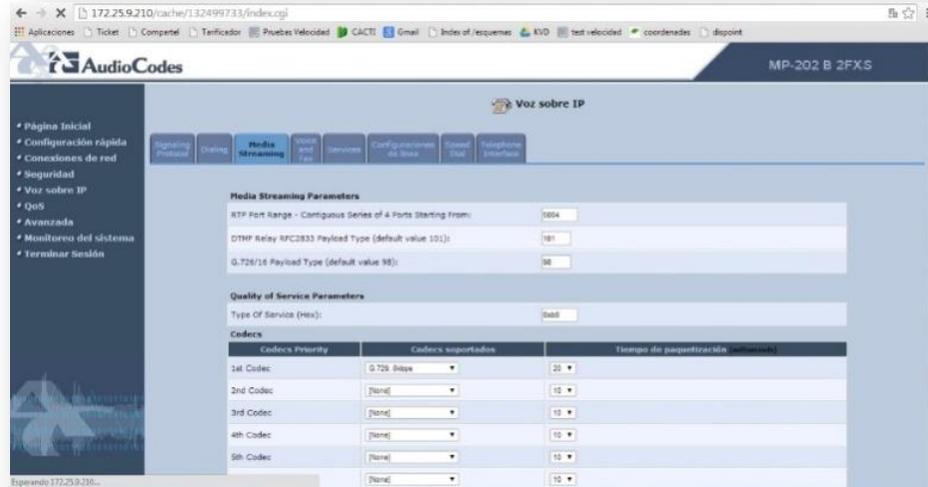
Al seleccionar la opción wan Ethernet, se despliega una ventana de configuración en la cual se editan los parámetros de configuración de la subestación VSAT. Una vez editado los parámetros del sitio click en Apply y luego en Ok como se muestra en la figura 3.31.

**Figura 3.31** Configuración Avanzada de la WAN Ethernet del AudioCodec MP-202.



Luego click en el sub menú de Voz sobre Ip, que se encuentra al lado izquierdo de la pantalla y en la pestaña Media Streaming Paprincipal donde se determina como principal y único códec G.729 como se muestra en la figura 3.32.

**Figura 3.32** Submenú de Voz Sobre IP del AudioCodec MP-202.



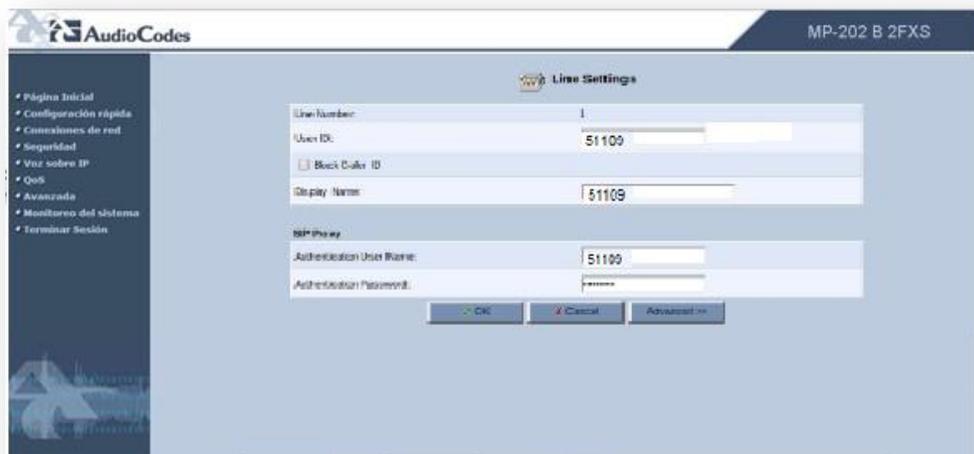
Luego click en la pestaña Configuración de la Línea donde se configura la línea 1 y desactiva la línea 2 como se muestra en la figura 3.33.

**Figura 3.33** Submenú de Voz Sobre IP del AudioCodec MP-202.



Al activar la línea con la cual se va a trabajar en necesario configurar los datos para la extensión como se muestra en la figura 3.34, para confirmar la configuración click en la opción OK.

**Figura 3.34** Configuración de la Exención del AudioCodec MP-202.



Con esto se da por terminado la configuración del Audio Códec MP-202. Luego click en Monitoreo del Sistema para verificar que los datos ingresados en el proceso de configuración de la PBX sean los correctos como se observa en la figura 3.35 y 3.36.

Figura 3.35 Monitoreo del Sistema del AudioCodec MP-202.

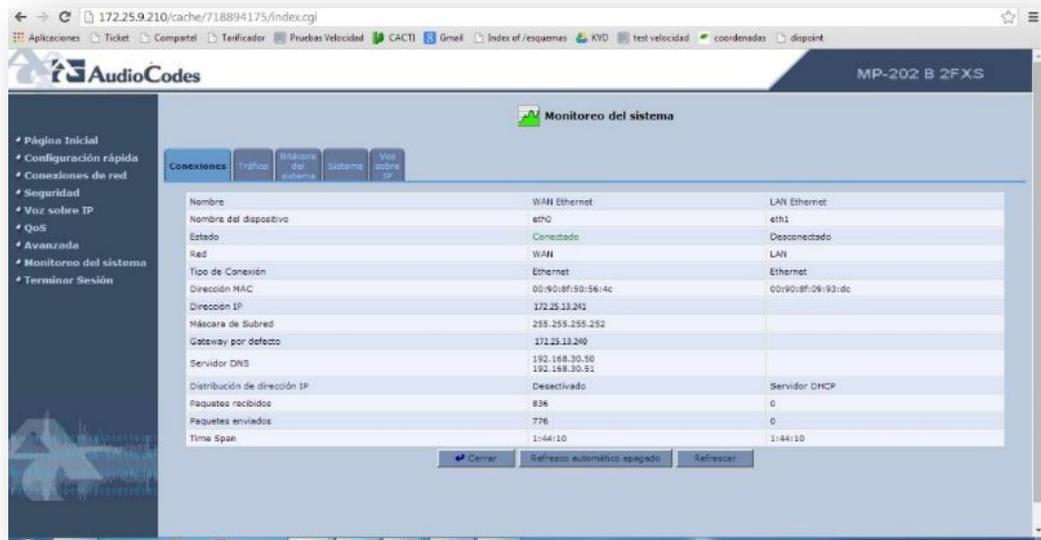
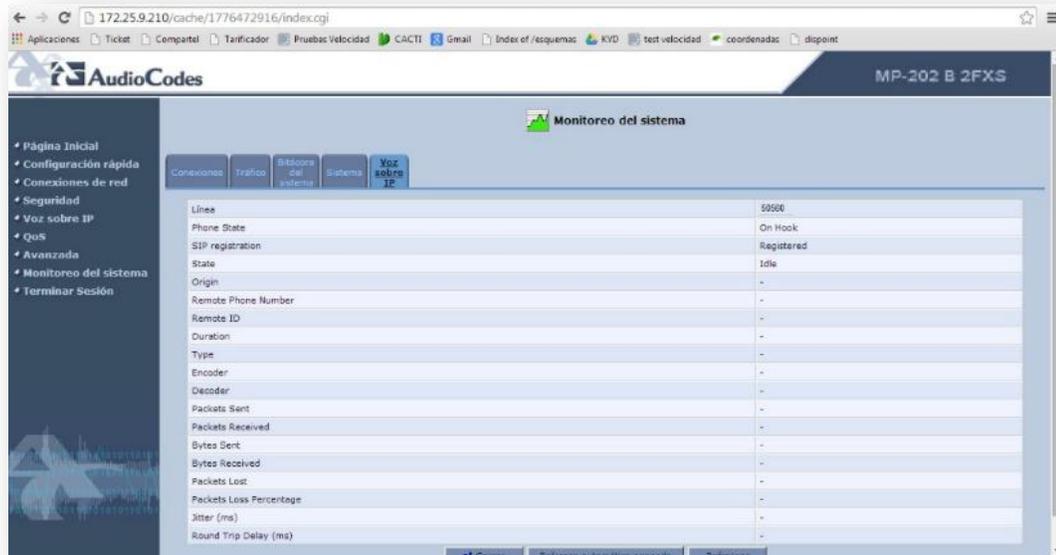


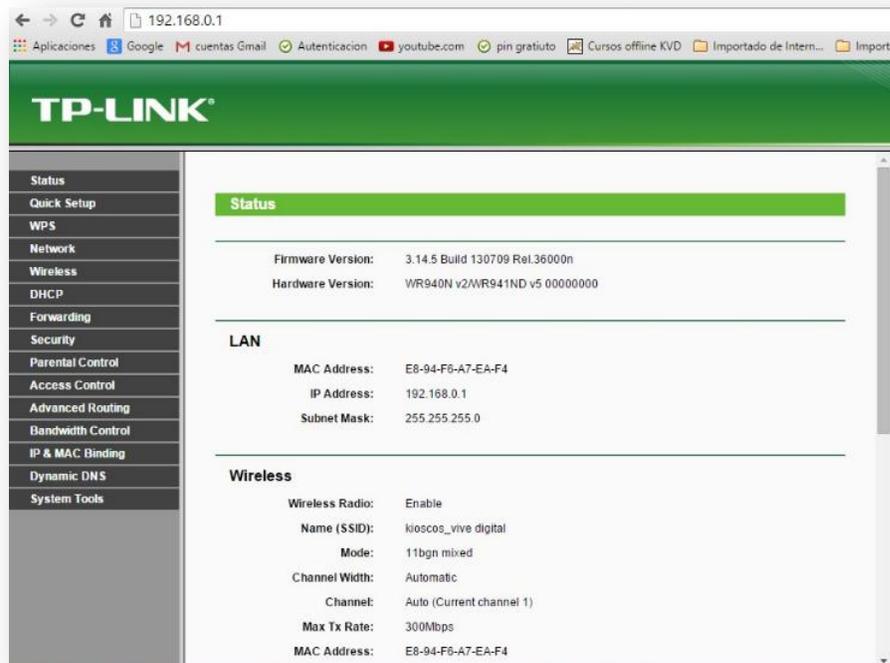
Figura 3.36 Monitoreo del Sistema del AudioCodec MP-202.



### 3.6.4 Configuración del AP TP – LINK

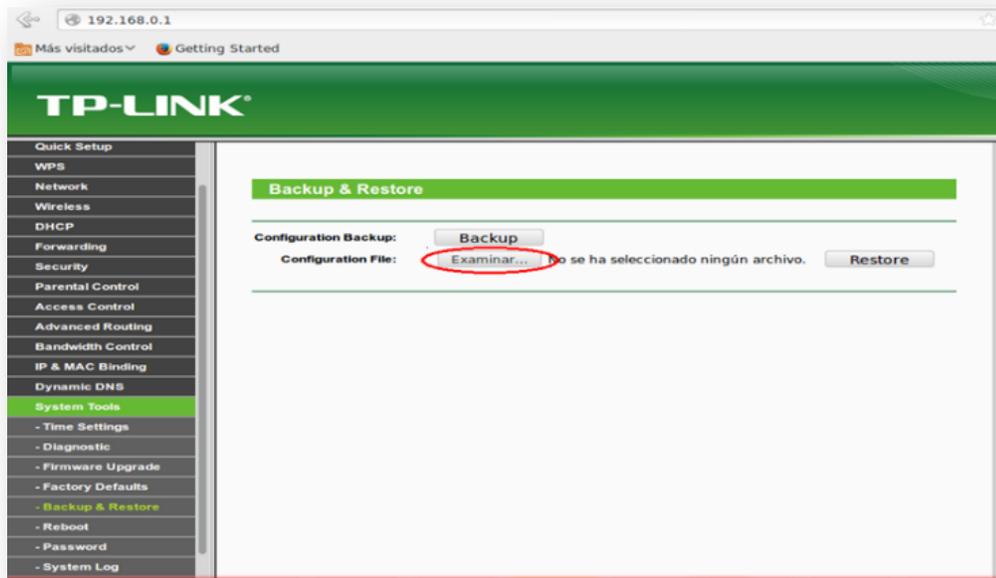
Para la configuración del AP TP – LINK debe conectar el PC a cualquier del puerto LAN del Router, configurar la tarjeta de red del PC y luego desde un navegador ingresamos con la siguiente dirección IP 192.168.0.1.

**Figura 3.37** Interfaz de Configuración del AP PT – LINK.



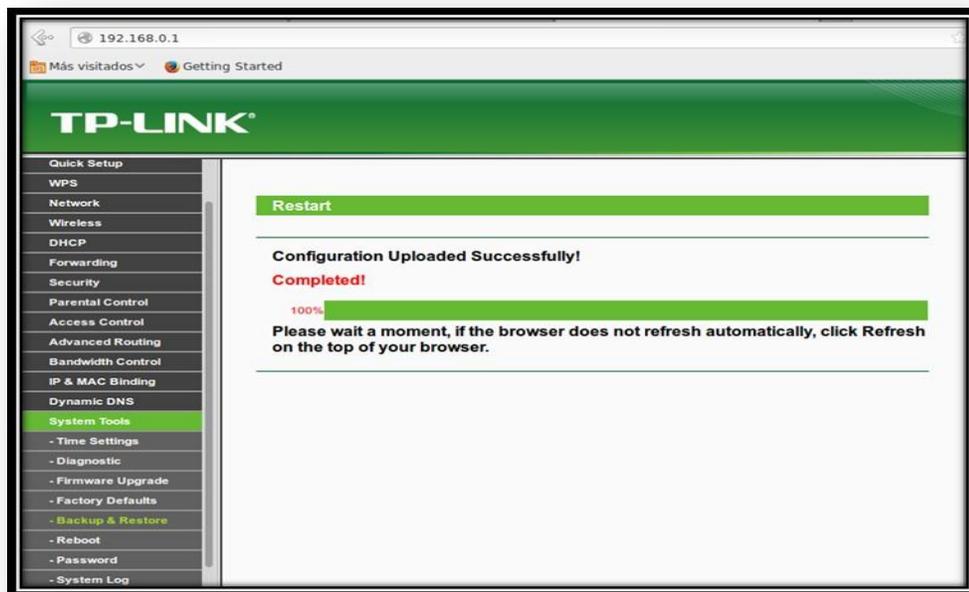
Click en system tolos y click en el sub menú Backup & Restore, posicionarse en el pestaña examinar y cargar el archivo config.bin y click en el Boton Restore para iniciar el proceso de descarga como se muestra en la figura 3.38.

Figura 3.38 Carga del archivo del AP PT – LINK.



La figura 3.39 muestra el proceso de carga de la imagen finalizado con éxito.

Figura 3.39 Carga del archivo del AP PT – LINK.



## 4 RESULTADOS

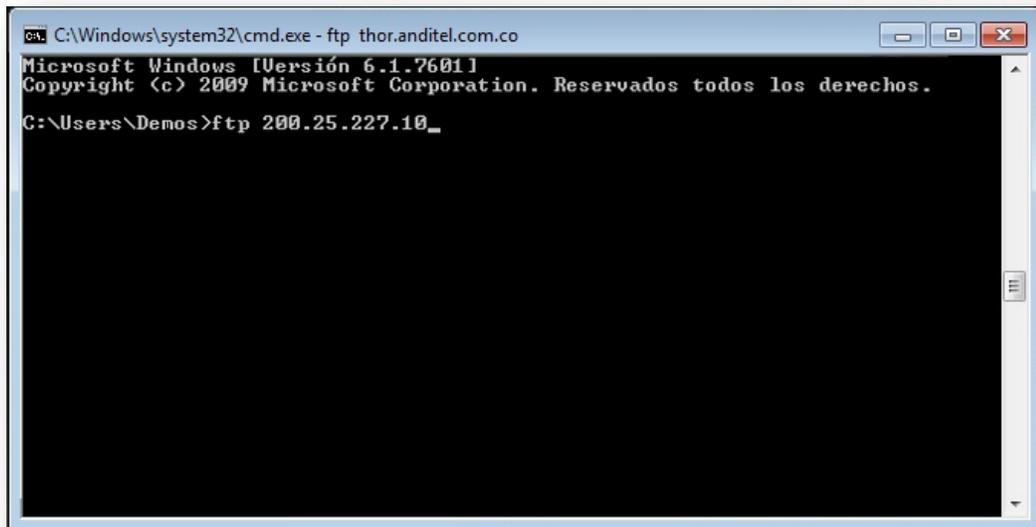
### 4.1 PRUEBAS DE CONECTIVIDAD Y NAVEGACIÓN

Realizado todo el proceso de configuración de los equipos que componen la sub estación VSAT (Kiosco Vive Digital), se procede a realizar las pruebas de conectividad dispuestas por el NOC Anditel.

#### 4.1.1 Prueba de Velocidad FTP

Para realizar la prueba FTP se abre la consola de CMD, la cual se digita ftp 200.25.227.10 y se presiona la tecla Enter como se muestra en la figura 4.1.

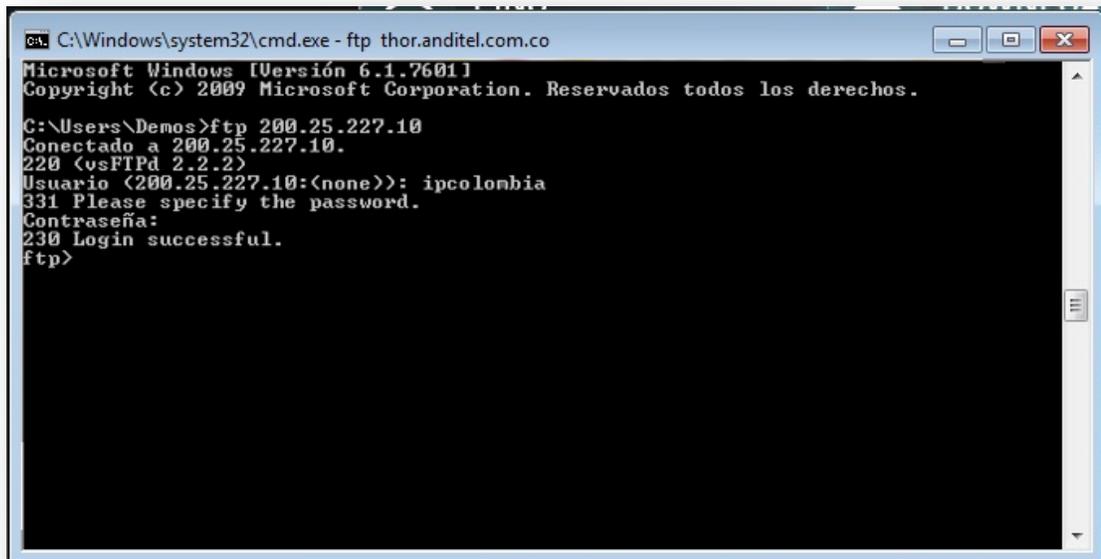
**Figura 4.1** Prueba FTP.



```
C:\Windows\system32\cmd.exe - ftp thor.anditel.com.co
Microsoft Windows [Versión 6.1.7601]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.
C:\Users\Demos>ftp 200.25.227.10_
```

Se digita el usuario ipcolombia y Enter como se muestra en la figura 4.2.

Figura 4.2 Prueba FTP.

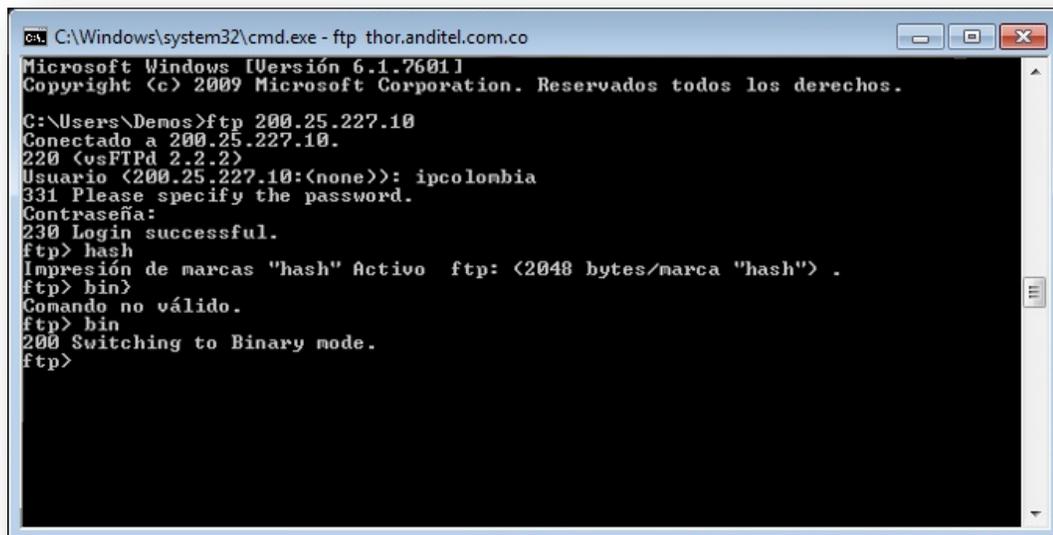


```
C:\Windows\system32\cmd.exe - ftp thor.anditel.com.co
Microsoft Windows [Versión 6.1.7601]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

C:\Users\Demos>ftp 200.25.227.10
Conectado a 200.25.227.10.
220 (vsFTPd 2.2.2)
Usuario (200.25.227.10:(none)): ipcolombia
331 Please specify the password.
Contraseña:
230 Login successful.
ftp>
```

Se escribe el comando has y Enter; se digita bin y nuevamente Enter.

Figura 4.3 Prueba FTP.



```
C:\Windows\system32\cmd.exe - ftp thor.anditel.com.co
Microsoft Windows [Versión 6.1.7601]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

C:\Users\Demos>ftp 200.25.227.10
Conectado a 200.25.227.10.
220 (vsFTPd 2.2.2)
Usuario (200.25.227.10:(none)): ipcolombia
331 Please specify the password.
Contraseña:
230 Login successful.
ftp> hash
Impresión de marcas "hash" Activo ftp: <2048 bytes/marca "hash" .
ftp> bin
Comando no válido.
ftp> bin
200 Switching to Binary mode.
ftp>
```

Se digita get 30M y Enter, esto es para dejar correr la prueba de bajada de 30 megas como se muestra en la figura 4.4.





Figura 4.7 Prueba de Velocidad.

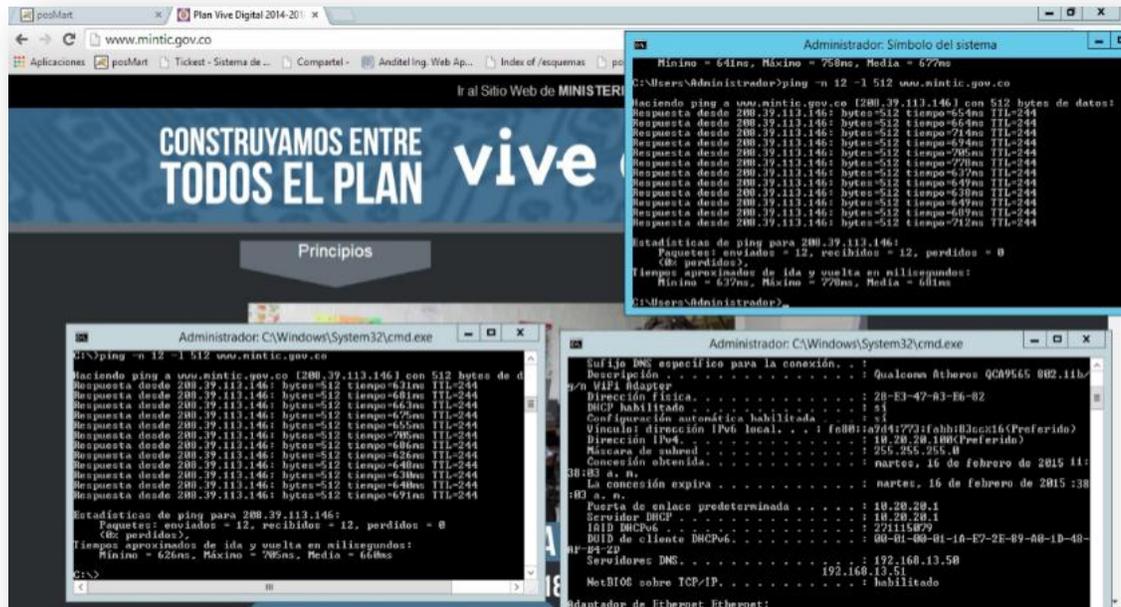


Al realizar la prueba de velocidad con [www.speedtest.net](http://www.speedtest.net) podemos observar en la figura 4.7 que la velocidad de descarga para el enlace satelital es de 769 Kbps y la velocidad de carga es de 8 Kbps con un tiempo de respuesta de 764 ms aproximadamente.



#### 4.1.4 Pruebas de Ping

Figura 4.9 Prueba de Ping con la Pagina Web de [www.mintic.gov.co](http://www.mintic.gov.co).



## 5 CONCLUSIÓN

En este trabajo se cumple el objetivo que se plantea, la implementación de un enlace satelital VSAT, lo cual permite el acceso a internet y también habilita una línea telefónica. Este enlace se realiza bajo los parámetros del satélite el Eutelsat 117 west A (antiguo satmex 8) trabajando en banda Ku con el Hub satelital Hughes ubicado en Bogotá, cumpliendo con los parámetros técnicos descrito por el Hub garantizando la correcta operación del enlace adaptándose a las características geográficas del lugar donde se realizó la instalación en este caso el centro educativo Padre Luis Antonio Rojas sede Juan Pérez ubicado en el municipio de Toledo norte de Santander.

Se realiza de forma detallada mostrando el proceso técnico desde el estudio de viabilidad de instalación de la sub-estación, y se logra que cada uno de los elementos que conforman la estación terrena sean reconocidos por el sistema, implementando pruebas de un enlace satelital VSAT obteniendo como resultado el acceso a internet y la instalación de una línea telefónica y además los resultados obtenidos revelan el comportamiento de los enlaces satelitales VSAT en cuanto a latencia, ancho de banda y disponibilidad del servicio.

Las características que los sistemas VSAT ofrece, no cabe la duda que la mayor ventaja es la cobertura casi total, lo que permite acceder a cualquier región sin importar lo difícil que sea el acceso, permitiendo de esta manera que los habitantes de la vereda Juan Pérez tengan mayor oportunidad de progreso beneficiándose de los servicios ofrecidos por el Kiosco Vive Digital.

Realizado el diseño del enlace satelital basado en los requerimientos propuestos por Anditel S.A y ya observando los resultados obtenidos con la estación VSAT ya en funcionamiento se puede concluir:

- ❖ La tecnología Hughes HX 90 posee una capacidad de transmisión de datos y es de muy fácil instalación.
  
- ❖ La calidad de una estación terrena está determinada por factores como el apuntamiento de la antena, las pérdidas por guía de onda, la temperatura de ruido, ruido terrestre y el ángulo de elevación.
  
- ❖ Al trabajar con equipos de comunicación en banda Ku, se debe ser muy precavido ya que estos suelen ser muy susceptibles a cambios de condiciones climáticas lo que puede generar la caída del terminal remoto.
  
- ❖ La compañía Hughes recomienda que se realice una correcta conexión de la IDU y la ODU, siguiendo las recomendaciones del manual de instalación y hacen mucho énfasis de que en el momento de instalarse no se encuentre energizada ya que podría producir un corto circuito y quemarlas.

## **6 RECOMENDACIONES**

Las condiciones climática donde se encuentra instalada la estación terrena VSAT, que es un lugar donde se presentan fuertes tormentas eléctricas, se recomienda que sea instalada una fuente de alimentación interrumpible (UPS), para protección de los equipos instalados, en muchas oportunidades cuando se presenta fuertes tormentas eléctricas el sistema eléctrico presenta fallas; a pesar de que la estación cuenta con un sistema de Tierra Eléctrica, es normal que se presenten averías por sobrecargas eléctricas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] FRREMAN, R, L. *Telecomunication System Engineening*, WILEY. . USA. 2004
- [2] MARIO Casado, F.C (s.f.) *Redesa Visat* (Terminal de Apertura muy pequeña).
- [3] Redes VSAT [en línea]. <<http://www.teltelematica.freervers.com/VSAT>> [recuperado mayo 5 2015].
- [4] Olga M. Caneda y Maria de J. Cacheiro, *Redes VSAT*, 2003.
- [5] Bruce R. Elbert, Boston, *The Satellite Communication Applications Handbook*, 2° Ed, Artech House Inc, Estados Unidos, 2004.
- [6] KOLAWOLE, M .*Satelite Communication Engineenig*. arcel Dekker. New York. (2002).
- [7] Dennis Roddy, *Satellite Communications*, 3° Ed, McGraw Hill, Nueva York, Estados Unidos, 2001.
- [8] *Modulación Digital* [en línea]. <<http://www.electronicafacil.net/tutoriales/MODULACION-DIGITAL-FSK-PSK-QAM.php>> [recuperado junio 10 de 2015]
- [9] Eutelsat Américas [en línea]. < [www.eutelsatamericas.com](http://www.eutelsatamericas.com)> [recuperado mayo 10 de 2015]

[10] Sistema de Internet Vía Satelital [en línea].

< <http://www.internet-sat.com.mx/HX.php> > [recuperado junio 10 de 2015]

[11] HUGHES HX90 Broadband Satellite Router [en línea].

< <http://www.hughes.com/resources/hughes-hx90-broadband-satellite-router> >  
[recuperado mayo 15 de 2015]

[12] Antenna Specifications Sheets [en línea].

< [http://www.gdsatcom.com/vsat\\_antennaspecs.php](http://www.gdsatcom.com/vsat_antennaspecs.php) > [recuperado mayo 15 de 2015]

[13] VSAT Networks, 2° Ed, John Wiley & Sons Ltd., Gérard Maral, Southern Gate, England, 2003.

[14] Eficiencia Espectral [en línea].

<<http://artemisa.unicauca.edu.co/~vflorez/LTE/Capitulo%205%20x6.pdf> >  
[recuperado junio 15 de 2015]