

## **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

### **DISEÑO DE UNA PLATAFORMA PILOTO WIMAX EN EL LITORAL CENTRAL, QUE BRINDE SERVICIOS DE VOZ Y DATOS, COMO MEDIO DE ACCESO PARA LA EMPRESA CANTV**

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por el Br. Carlos A. Giuliano E.  
Para optar al Título de  
Ingeniero Electricista

Caracas, 2008

## **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

### **DISEÑO DE UNA PLATAFORMA PILOTO WIMAX EN EL LITORAL CENTRAL, QUE BRINDE SERVICIOS DE VOZ Y DATOS, COMO MEDIO DE ACCESO PARA LA EMPRESA CANTV**

Prof. Guía: Ing. Carolina Regoli  
Tutor Industrial: Ing. Mairehely Riera

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por el Br. Carlos A. Giuliano E.  
Para optar al Título de  
Ingeniero Electricista

Caracas, 2008



**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA**  
**DEPARTAMENTO DE COMUNICACIONES**



---

**CONSTANCIA DE APROBACIÓN**

Caracas, 26 de junio de 2008

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Eléctrica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Carlos A. Giuliano E., titulado:

***“DISEÑO DE UNA PLATAFORMA PILOTO WIMAX EN EL LITORAL CENTRAL, QUE BRINDE SERVICIOS DE VOZ Y DATOS, COMO MEDIO DE ACCESO PARA LA EMPRESA CANTV.”***

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Electricista en la mención de Comunicaciones, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.

  
Prof. Paolo Maragno  
Jurado

  
Prof. Zeldivar Bruzual  
Jurado

  
Prof. Carolina Regoli  
Prof. Guía



## **DEDICATORIA**

A mi Mamá y mi Papá que me han dado todo lo que tengo en esta vida. A mi hermano que siempre has sido mi ejemplo a seguir. Gracias a todos por estar ahí cuando los he necesitado. Los amo...

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a Dios por estar presente en el camino para cumplir esta meta.

A Huawei por darme esta oportunidad de realizar este proyecto y a su vez iniciarme profesionalmente en mi carrera.

A Mairehely por ser mi guía en este proyecto y ser de gran ayuda en la culminación de mi carrera. A Carolina Regoli por ayudarme en este trabajo tanto.

A todos mis amigos que vivieron conmigo en cualquier etapa de mis estudios: Rafael Angel, Daniel, Marvin, Augusto, Oscar, Leonardo, Tomás, David, Reinaldo, Javier, Juan Mi, Rafael, Landi, José Alejandro, Rada, Gustavo, Fernando, Rosalia, Cynthia, Diana, Fung, Mariana, Aliosha, Alexandra, Alelu y especialmente a ti TT.

A Andreina y todos mis compañeros de trabajo: Carlos Hidalgo, Carlos Guerrero, David, Karina, Fabio, Luís, Daniel, Jesús, Gustavo, Jeanette, Andrés, Sandra, Mariana y al resto del equipo de EDD.

*Gracias a Todos.*

**Giuliano E. Carlos A.**

**DISEÑO DE UNA PLATAFORMA PILOTO WIMAX EN EL LITORAL CENTRAL, QUE BRINDE SERVICIOS DE VOZ Y DATOS, COMO MEDIO DE ACCESO PARA LA EMPRESA CANTV**

**Prof. Guía: Ing. Carolina Regoli. Tutor Industrial: Ing. Mairehely Riera. Tesis. Caracas. U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica. Ingeniero Electricista. Opción Comunicaciones. Institución: Huawei Technologies Co.,Ltd. 2008. 109 h. + anexos.**

**Palabras Claves:** WiMAX, Fácil Acceso, Tecnología de Punta, Voz, Datos.

**Resumen:** Este trabajo consiste en el diseño de una solución basada en la tecnología WiMAX, para brindar servicios de voz y datos a clientes, residenciales, empresariales y gubernamentales. Se diseñó un modelo de Ingeniería de Detalle para la plataforma piloto, con el fin de la estandarización de procesos y la documentación necesaria y que servirá de precedente a futuros proyectos. Esta documentación se utilizó para la implementación de dos BTS y un núcleo de la Red WiMAX, constituidos de equipos Huawei. Con este documento se lograron gran cantidad de beneficios a nivel de costo, tiempo y calidad de instalación. También en este proyecto se definieron todas las pruebas necesarias para cumplir con todos los requerimientos de CANTV antes de su puesta en marcha. Con este diseño se logró normalizar todo el proceso de un proyecto desde su licitación hasta su puesta en marcha.

## ÍNDICE GENERAL

<b>CONSTANCIA DE APROBACIÓN</b> .....	iii
<b>DEDICATORIA</b> .....	iv
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	v
<b>RESUMEN</b> .....	vi
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO I</b> .....	3
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	3
<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	4
<b>OBJETIVOS</b> .....	5
Objetivo General.....	5
Objetivos Específicos.....	5
<b>CAPÍTULO II</b> .....	6
<b>MARCO REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	6
2.1. Huawei Technologies Co., LTD.....	6
2.1.1. Reseña Histórica. ....	6
2.1.2 Clientes .....	7
2.1.3 Estructura Organizacional de la Gerencia de Operaciones.....	7
2.2. Ciclo de vida y fases del proyecto .....	8
2.2.1 Ciclo de vida de un proyecto .....	8
2.2.2. Fase conceptual.....	9
2.2.3. Fase de definición .....	9
2.2.4. Fase de desarrollo .....	10

2.2.5. Fase operacional.....	11
2.2.6. Fase de cierre o terminación .....	11
2.2.7. Distintas denominaciones de las fases del ciclo de vida.....	12
2.3. Ingeniería de Detalle.....	12
2.3.1. Site Survey (Levantamiento de la información).....	14
2.3.2. Ingeniería Preliminar .....	15
2.3.3. Ingeniería Final .....	15
2.4. Fundamentos de redes inalámbricas de área metropolitana.....	16
2.4.1. El Grupo IEEE 802.16 .....	17
2.4.2. Conceptos Básicos .....	21
2.4.4. Técnicas de Modulación .....	27
2.4.4.1. Modulación por desplazamiento de fase (Phase Shift Key, PSK) ...	27
2.4.4.2. Modulación en amplitud de cuadratura (QAM).....	28
2.4.4.3. Multiplexión por división ortogonal de frecuencias (OFDM).....	29
2.4.4.4. Técnicas de Control de Acceso .....	31
2.4.4.5. Técnicas de Codificación y Corrección de Errores.....	35
<b>CAPITULO III</b> .....	<b>36</b>
<b>CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS PARA LA RED WiMAX</b> .....	<b>36</b>
3.1.1. BTS3703 .....	36
3.1.1.1. Estructura total .....	37
3.1.1.2. Estructura lógica de la BTS3703 .....	40
3.1.2. WASN9770 .....	42
3.1.2.1. Ubicación en la Red del WASN9770.....	43
3.1.2.2. Estructura del Hardware .....	43
3.1.3. RTN 620.....	47
3.1.3.1. Aplicación de la red .....	47

3.1.3.2. Componentes.....	47
3.1.4. iManager M2000.....	49
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>52</b>
<b>MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>52</b>
4.1 Tipo de estudio.....	52
4.2 Etapas del proyecto.....	53
4.3. Categorización de las tecnologías que suministran servicio de voz y datos para la banda de 3,5 GHz.....	60
4.4. Modelo de Ingeniería de Detalle.....	62
4.4.2. Documentación.....	66
4.4.2.1. Levantamiento del sitio.....	67
4.4.2.2. Ingeniería Preliminar .....	68
4.4.2.3 Planos.....	69
4.4.2.4. Memoria Fotográfica .....	70
4.4.2.5. Ingeniería Final .....	71
4.5. Diagrama de interconexión de los equipos.....	72
4.6. Protocolo de Pruebas de Aceptación para WiMAX.....	72
4.6.1. Prueba de WiMAX VoIP.....	75
4.6.2. Prueba del servicio de datos de WiMAX.....	77
4.6.3. Prueba de operación y mantenimiento de WiMAX.....	79
4.6.4. Prueba de la plataforma AAA de WiMAX .....	80
4.6.5. Prueba de cobertura de WiMAX.....	81
4.6.6. Prueba de movilidad de WiMAX.....	82
4.7. Instrumento de evaluación cuantitativa para el modelo de documentación. .....	83
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>85</b>

<b>ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS .....</b>	<b>85</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>90</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>92</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla N° 1. Distintas denominaciones de las fases del proyecto [3] .....	12
Tabla N° 2. Cuadro comparativo entre los distintos estándares para redes WiMAN	19
Tabla N° 3. Funciones de los Módulos de la BBU. [5].....	40
Tabla N° 4. Funciones de los Módulos de la RRU. [5].....	41
Tabla N° 5. Atribuciones de servicios en la banda de estudio [6].....	60
Tabla N° 6. Comparación de WiMAX con otras tecnologías de banda ancha inalámbricas. ....	61
Tabla N° 7. Pruebas de la Red WiMAX.....	73
Tabla N° 8. Pruebas del servicio VoIP en la Red WiMAX .....	76
Tabla N° 9. Pruebas del servicio de datos en la Red WiMAX.....	77
Tabla N° 10. Prueba de operación y mantenimiento.....	79
Tabla N° 11. Pruebas de la plataforma AAA. ....	80
Tabla N° 12. Pruebas de cobertura.....	82
Tabla N° 13. Pruebas de Movilidad .....	82
Tabla N° 14. Resultados de la Ficha de Evaluación.....	86
Tabla N° 15. Planificación del diseño de la Plataforma Piloto .....	88

## LISTA DE FIGURAS, GRÁFICAS O ILUSTRACIONES

Figura N° 1. Estructura Organizacional de EDD. [Huawei].....	8
Figura N° 2. Diagrama de flujo general de un proyecto de ingeniería [Huawei] .....	14
Figura N° 3. Protocolos de Redes de Comunicación Inalámbrica. [4] .....	20
Figura N° 4. Arquitectura referencial de una Red tipo WIMAN. [4] .....	23
Figura N° 5. Esquema comparativo entre antenas pasivas y adaptativas en una celda de tres sectores [4] .....	25
Figura N° 6. Forma de onda de una señal digital modulada en PSK. [4] .....	28
Figura N° 7. Esquema simplificado de un transmisor OFDM. [4] .....	30
Figura N° 8. (a) Espectro en frecuencia típico de una señal OFDM. (b) Espectro de frecuencia típico de una señal OFDM. [4] .....	30
Figura N° 9. Esquema simple de un receptor OFDM [4] .....	31
Figura N° 10. Esquema TDMA de distribución de canales en una ranura de tiempo [4] .....	32
Figura N° 11. Topología de red típica de los dispositivos de HUAWEI WiMAX [5]	37
Figura N° 12. Apariencia de los componentes de la BTS3703. [5] .....	37
Figura N° 13. Apariencia de la BBU. [5] .....	38
Figura N° 14. Apariencia de la RRU. [5] .....	39
Figura N° 15. Estructura lógica de la BTS3703. [5] .....	40
Figura N° 16. Posición del WASN9770 en la Red [5] .....	43
Figura N° 17. Apariencia del gabinete del WASN9770. Configuración típica total del gabinete WASN9770. [5] .....	44
Figura N° 18. Vista Frontal del subrack en Configuración completa [5] .....	46
Figura N° 19. Tarjetas del WASN9770. [5] .....	46
Figura N° 20. IDU 610 y 620. [5] .....	48

Figura N° 21. Una Antena con uno y dos ODU respectivamente. [5] .....	48
Figura N° 22. Diagrama de interconexión de los equipos [Huawei] .....	72
Figura N° 23. Flujo de datos y señalización para VoIP. [Huawei] .....	76
Figura N° 24. Flujo de datos para la prueba de servicios de datos [Huawei] .....	78
Figura N° 25. Flujo de Datos y Señalización para Autenticación y Facturación [Huawei].....	81

## LISTA DE ACRONIMOS

<b>AA</b>	Antena Adaptativa (siglas derivadas del inglés, “Adaptive Antenna”).
<b>AAA</b>	Servidor de autenticación, autorización y contabilización (siglas derivadas del inglés, “authentication, authorization and accounting”).
<b>ASIC</b>	Circuito Integrado para Aplicaciones Especificas (siglas derivadas del inglés, “Application-Specific Integrated Circuit”).
<b>ASN</b>	Red de acceso al servicio (siglas derivadas del inglés, “Access Service Network”).
<b>BBU</b>	Unidad Banda Base (siglas derivadas del inglés, “Base Band Unit”).
<b>BS</b>	Estación Base (siglas derivadas del inglés, “Base Station”).
<b>BTS</b>	Estación Base Transmisora (siglas derivadas del inglés, “Base Transceiver Station”).
<b>BWA</b>	Sistema Banda Ancha de Acceso Inalámbrico (siglas derivadas del inglés, “BroadBand Wireless Access”).
<b>CANTV</b>	Compañía Anónima Nacional Telefonos de Venezuela.
<b>CDMA</b>	Acceso múltiple por división de código (siglas derivadas del inglés, “Code Division Multiple Access”).
<b>CONATEL</b>	Comisión Nacional de Telecomunicaciones.
<b>CPE</b>	Equipo local del cliente (siglas derivadas del inglés, “Customer Premises Equipment”).
<b>CSMA</b>	Acceso Múltiple por Detección de Portadora (siglas derivadas del inglés, “Carrier Sense Multiple Access”).
<b>CSN</b>	Red de conexión al servicio (siglas derivadas del inglés, “Connectivity Service Network”).
<b>DHCP</b>	Protocolo dinámico de configuración del Host (siglas derivadas del

inglés, “Dynamic Host Configuration Protocol”).

<b>EDD</b>	Departamento de Ingeniería y Diseño (siglas derivadas del inglés, “Engineering and Design Department”).
<b>EIA</b>	Alianza de Industrias Electrónicas (siglas derivadas del inglés “Electronic Industries Alliance”).
<b>FDD</b>	Duplexación por división de Frecuencia (siglas derivadas del inglés, “Frequency Division Duplex”).
<b>FDMA</b>	Acceso múltiple por división de frecuencia (siglas derivadas del inglés, “Frequency Division Multiple Access”).
<b>FHSS</b>	Espectro ensanchado por salto de frecuencia (siglas derivadas del inglés, “Frequency Hopping Spread Spectrum”).
<b>GPS</b>	Sistema de Posicionamiento Global (siglas derivadas del inglés, “Global Positioning System”).
<b>HSPA</b>	Acceso a alta velocidad de paquetes (siglas derivadas del inglés, “High-Speed Packet Access”).
<b>IEEE</b>	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (siglas derivadas del inglés, “The Institute of Electrical and Electronics Engineers”).
<b>LAN</b>	Red de área local (siglas derivadas del inglés, “Local Area Network”).
<b>LMDS</b>	Sistema de Distribución Local Multipunto (siglas derivadas del inglés, “Local Multipoint Distribution Service”).
<b>MAN</b>	Red de área metropolitana (siglas derivadas del inglés, “Metropolitan Area Network”).
<b>MIMO</b>	Múltiple entrada múltiple salida (siglas derivadas del inglés, “Multiple-input Multiple-output”).
<b>MS</b>	Estación Móvil (siglas derivadas del inglés, “Mobile Station”).
<b>NGN</b>	Red de Nueva Generación (siglas derivadas del inglés, “Next

	Generation Network”).
<b>OFDM</b>	Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales (siglas derivadas del inglés, “Orthogonal Frequency Division Multiplexing”)
<b>PDU</b>	Unidades de Datos de Protocolo (siglas derivadas del inglés, “Protocol Data Units”).
<b>PSK</b>	Modulación por desplazamiento de fase (siglas derivadas del inglés, “Phase Shift Keying”)
<b>PSTN</b>	Red Conmutada de Telefonía Pública (siglas derivadas del inglés, “Public Switched Telephone Network”).
<b>QAM</b>	Modulación de amplitud en cuadratura (siglas derivadas del inglés, “Quadrature Amplitude Modulation”).
<b>QoS</b>	Calidad de Servicio (siglas derivadas del inglés, “Quality of Service”).
<b>RRU</b>	Unidad de Radio Remoto (siglas derivadas del inglés, “Remote Radio Unit”).
<b>RS</b>	Estación Repetidora (siglas derivadas del inglés, “Repeater Station”).
<b>SDMA</b>	Acceso múltiple por división de espacio (siglas derivadas del inglés, “Space Division Multiple Access”).
<b>SS</b>	Estación del Subscriptor (siglas derivadas del inglés, “Subscriber Station”).
<b>TDMA</b>	Acceso múltiple por división de tiempo (Time Division Multiple Access”).
<b>TIA</b>	Asociación de la Industria de Telecomunicaciones (siglas derivadas del inglés, “Telecommunications Industry Association”).
<b>UIT</b>	Unión Internacional de Telecomunicaciones.
<b>VoIP</b>	Voz sobre IP

<b>VPN</b>	Red Privada Virtual (siglas derivadas del inglés, “Virtual Private Network”).
<b>WAN</b>	Red de Área Amplia (siglas derivadas del inglés, “Wide Area Network”).
<b>WCDMA</b>	Acceso múltiple por división de código de banda ancha (siglas derivadas del inglés, “Wideband Code Division Multiple Access”).
<b>Wi-Fi</b>	Fidelidad Inalámbrica (siglas derivadas del inglés, “Wireless Fidelity”).
<b>WIMAX</b>	Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas (siglas derivadas del inglés, “Worldwide Interoperability for Microwave Access”).

## INTRODUCCIÓN

Al realizar cualquier tipo de proyecto, es necesario realizar un planteamiento de Ingeniería que involucre todos los factores que deben ser analizados cuidadosamente con el fin de obtener resultados exitosos y maximizar todos sus beneficios. Ejecutar este tipo de proyectos, tanto de gran envergadura como proyectos de pequeña amplitud, como es el caso de los proyectos pilotos, necesita de la unión de profesionales de distintas áreas. La visión integral de un equipo multidisciplinario permite desarrollar una solución óptima a todos los problemas que se plantean en la ejecución de un proyecto.

El caso específico del despliegue de una red inalámbrica implica diseño, implementación, operación y mantenimiento de todo el equipamiento necesario para la provisión de servicios a los suscriptores. Para ello, se deben definir procedimientos y planificar estrategias que permitan satisfacer los requerimientos y estándares tanto del operador, como de la empresa proveedora.

Actualmente, CANTV requiere de una solución para brindar servicios de voz y datos a los nuevos abonados ubicados en la zona litoral del Estado Vargas. El objeto de esta investigación es el “Diseño de una plataforma piloto WiMAX en el Litoral Central, que brinde servicios de voz y datos, como medio de acceso para la empresa CANTV”. Para esto, inicialmente se planteó el problema y la importancia del mismo, al igual que se definen los objetivos de la investigación. Seguidamente se presenta todo el fundamento teórico necesaria para la elaboración del trabajo de grado. Posteriormente se muestra toda la metodología utilizada, que permite cumplir con los objetivos inicialmente planteados.

Finalmente, se realiza un análisis de los resultados y se muestra a través de tablas comparativas, donde comprenden todas las fases de este proyecto, para mostrar las conclusiones y recomendaciones, marcando un antecedente para futuros proyectos similares.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

CANTV es el símbolo de las telecomunicaciones en Venezuela, es una Corporación que aglutina usuarios con intereses diferentes y que gravita en torno a una actividad en constante expansión y renovación tecnológica. En la familia CANTV se incluyen clientes, empleados, aliados estratégicos, accionistas e inversionistas, el Estado venezolano y proveedores. Al 31 de diciembre de 2006, CANTV poseía una cartera de clientes de 8 millones de suscriptores móviles, 3,4 millones de suscriptores de telefonía fija y 467.000 usuarios de acceso de banda ancha. [1]

Sin embargo, cabe considerar que en diciembre de 1999, por el desastre ocurrido en el Estado Vargas quedó desasistido gran porcentaje de esta zona sin servicio de telefonía fija alámbrica, lo que se traduce para CANTV, como una pérdida de infraestructura para brindar un servicio con tecnología de punta.

Desde el 2005 Huawei Technologies ha sido proveedor de soluciones tecnológicas para CANTV, en la implementación de su Red NGN. La mayoría de estos productos están basados en los chips ASIC auto diseñados por Huawei y plataformas compartidas para ofrecer alta calidad, así como, productos, soluciones con precios competitivos, rápida capacidad de respuesta y de fácil penetración del mercado. Esto proporciona una plataforma portadora más unificada para las redes de próxima generación.

Huawei no sólo es proveedor de equipos para el área de telecomunicaciones, sino que también ofrece servicios de procura, inspección, ingeniería, instalaciones,

capacitación, diseño y mantenimiento. En este sentido, estos servicios están enmarcados en las necesidades y requerimiento de cada cliente, lo que hace que cada propuesta sea única. De este modo, es necesario realizar un **“Diseño de una plataforma piloto WiMAX en el litoral central, que brinde servicios de voz y datos, como medio de acceso para la empresa CANTV.”**

### JUSTIFICACIÓN

La importancia de esta plataforma piloto radica en que si es adoptada por CANTV como tecnología de acceso inalámbrico, puede ser implementada en poco tiempo a un gran número de usuarios, proveyendo un servicio con la misma calidad y bondades que presta el servicio de telefonía fija, siendo éste su gran unidad de negocio. De esta manera, puede penetrar a localidades de difícil acceso e instalación de tendido de cableados necesarios para brindar dicho servicio. Por lo tanto, CANTV diversificaría sus productos y llegaría a otros mercados.

## OBJETIVOS

### Objetivo General

Diseñar una plataforma piloto WiMAX en el litoral central, que brinde servicios de voz y datos, como medio de acceso para la empresa CANTV.

### Objetivos Específicos

- Categorizar tecnologías que suministran servicio de voz y datos para la banda de 3,5 GHz
- Determinar el alcance del proyecto piloto
- Definir plan de ejecución del proyecto piloto y recursos empleados
- Determinar indicadores de control de gestión

## CAPÍTULO II

### MARCO REFERENCIAL TEÓRICO

#### 2.1. Huawei Technologies Co., LTD.

##### 2.1.1. Reseña Histórica.

Huawei Technologies De Venezuela, es una empresa proveedora global de redes de telecomunicaciones, la compañía está comprometida a proveer productos, servicios y soluciones innovadoras y personalizadas para crear valor a largo plazo y crecimiento potencial para sus clientes. Los productos y servicios de Huawei son distribuidos en más de 100 países y sirven a 28 de los 50 operadores más importantes del mundo, así como a más de un billón de usuarios a nivel global. [2]

La sucursal Huawei Venezuela fue creada en el año 2001. Las oficinas están localizadas en: Caracas, Maracaibo, Puerto la Cruz, Porlamar, Barquisimeto y Valencia. El centro de capacitación está ubicado en la ciudad de Caracas. [2]

Los productos y soluciones de Huawei incluyen productos inalámbricos (HSDPA / WCDMA / EDGE / GPRS / GSM, CDMA2000 1x EVDO / CDMA2000 1X, TD-SCDMA, WiMAX), productos de núcleo de red (IMS, Mobile Softswitch, NGN), productos de red ((FTTx, xDSL, Ópticos, Enrutadores, LAN Switch), aplicaciones y software (IN, servicios de información móviles, BOSS), así como terminales (UMTS/CDMA). La mayoría de los productos están basados en los chips ASIC auto diseñados por Huawei y plataformas compartidas para ofrecer alta calidad, así como

productos y soluciones con precios competitivos y rápida capacidad de respuesta. [2]

### 2.1.2 Clientes

Huawei Venezuela provee servicios a las principales empresas de telecomunicaciones del país, tales como CANTV/Movilnet, Digitel, Movistar-Telefónica y CVG Telecom. También colabora con importantes instituciones gubernamentales tales como el Ministerio de Educación, el Ministerio de Defensa y PDVSA. [2]

### 2.1.3 Estructura Organizacional de la Gerencia de Operaciones

Dentro de la Estructura de la empresa se encuentra el Departamento de Ingeniería y Diseño que fue creado e incluido en Enero del 2006, siendo desde entonces un grupo de trabajo de alto nivel técnico que pertenece al Departamento de Soporte Técnico (TSD).

Este departamento tiene como misión principal el desarrollo de proyectos llave en mano a grandes escalas, velando y siendo miembro activo en cada uno de los procesos que ahí se desarrollan. Estos procesos van desde la etapa de inspección y elaboración de Ingenierías preliminares, hasta la fase de cierre con la elaboración de las ingenierías finales, facilitando a la empresa la venta, aprobación, instalación y el funcionamiento efectivo de cada uno de sus productos en las distintas plataformas tecnológicas que conforman las soluciones ofrecidas a su cartera de clientes.

Orientados bajo este precepto, la línea de Wireless (Redes Inalámbricas) de EDD (Departamento de Ingeniería y Diseño), trabaja constantemente para satisfacer

las necesidades de clientes tales como CANTV/Movilnet, Movistar y Digitel en sus redes telefónicas. A continuación se muestra la estructura del Departamento de Ingeniería y Diseño.

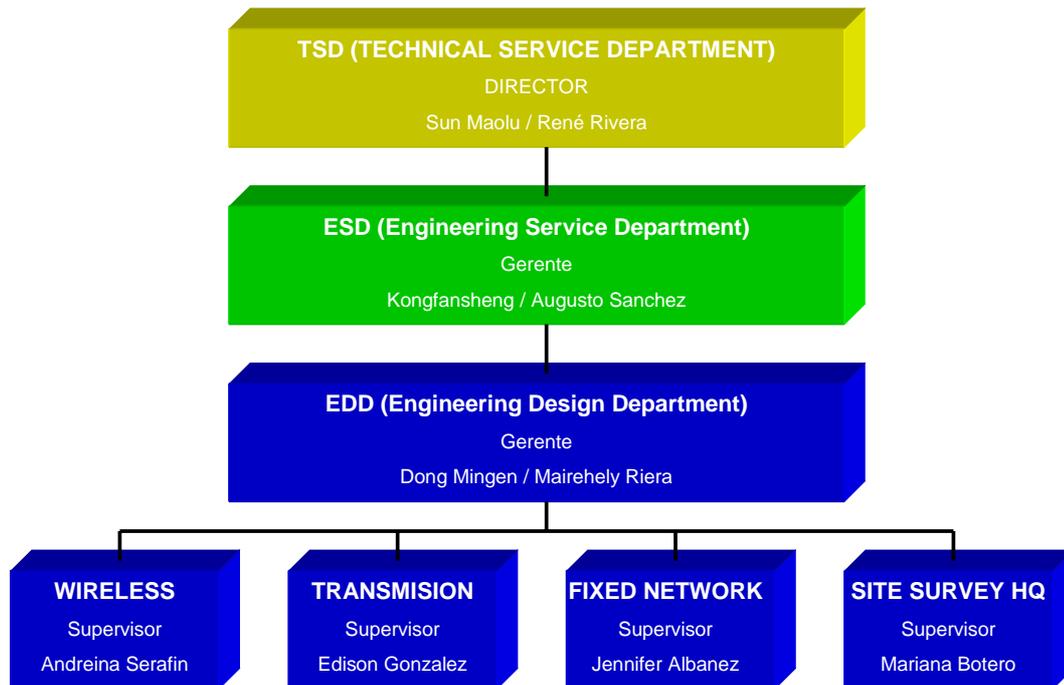


Figura N° 1. Estructura Organizacional de EDD. [Huawei]

## 2.2. Ciclo de vida y fases del proyecto

### 2.2.1 Ciclo de vida de un proyecto

El concepto de ciclo de vida del proyecto reconoce que un proyecto, como cualquier otro sistema, es creado, se desarrolla, crece, alcanza su madurez y eventualmente deja de existir. [3]

Las fases del ciclo de vida de un proyecto dependen de las características

específicas del proyecto. Sin embargo, en muchos proyectos es posible distinguir las siguientes fases, las cuales si bien se desarrollan en secuencia pueden superponerse en algún momento:

- Fase conceptual
- Fase de definición
- Fase de desarrollo
- Fase operacional
- Fase de cierre o terminación

#### 2.2.2. Fase conceptual

La fase conceptual es aquella en la que la idea del proyecto es concebida y se le somete a un estudio y evaluación preliminar. Esta etapa consiste en la recopilación de antecedentes básicos que permiten describir el proyecto en términos que no necesariamente deben ser muy elaborados, pero que hacen posible al menos una evaluación preliminar. La fase conceptual, si se realiza apropiadamente, debe servir para abandonar aquellos proyectos que no deben llevarse a cabo. Se trata esencialmente de identificar la idea del proyecto y analizar si éste es o no factible. En principio, la empresa que cree necesitar el proyecto debe realizar esta fase por sus propios medios o con la ayuda de un consultor independiente, antes de comprometer mayores recursos para su ejecución. [3]

#### 2.2.3. Fase de definición

La fase de definición, una vez que el proyecto ha superado la fase conceptual, tiene por objeto establecer, con la mayor precisión que sea posible, los aspectos de

costo y duración del proyecto y calidad del producto, así como identificar los recursos requeridos y la forma de combinarlos para lograr el resultado deseado. Esta etapa simplemente permite expresar con mayor detalle lo que se quiere hacer, cuando se quiere que se haga, cómo se logrará hacer y cuánto costará. Se trata de una oportunidad para revisar y confirmar la decisión de continuar con el proyecto y proceder a su ejecución. Las decisiones que se tomen como resultado de esta fase podrían incluir la cancelación del trabajo futuro y la reorientación de los recursos disponibles hacia otros fines. Usualmente, si la organización dueña del proyecto ha decidido en la fase anterior que el proyecto parece viable, en esta fase efectuará un llamado a una o más firmas externas para presentarle propuestas técnicas y económicas que le permitan tomar la decisión de pasar o no a las siguientes fases del proyecto y contratar o no su ejecución.

[3]

#### 2.2.4. Fase de desarrollo

La fase de desarrollo tiene por objeto materializar la idea del proyecto. En esta etapa se llevará a cabo el diseño definitivo y la construcción de la obra de ingeniería, el desarrollo del sistema de información, la investigación científica, la elaboración de la campaña publicitaria, el desarrollo de una nueva arma de guerra, la producción de la película o cualquiera que sea el objetivo del proyecto. En la fase de desarrollo se compromete usualmente la mayoría de los recursos del proyecto y en ella es de fundamental importancia cumplir con los requisitos de costo, duración y calidad del producto. Las deficiencias e imprecisiones del análisis conducido en las fases precedentes se reflejarán en esta fase, pero pueden ser corregidas mediante la adopción de los cambios necesarios, siempre que estos cambios se manejen correctamente. En general, mientras más adecuadas y bien desarrolladas hayan sido las fases precedentes existirá una mayor probabilidad de realizar la fase de producción dentro de los

requisitos deseados. Del mismo modo, las decisiones que se toman en las fases iniciales de un proyecto, son determinantes en el costo total del mismo. [3]

#### 2.2.5. Fase operacional

La fase operacional consiste en la utilización del producto que ha sido elaborado. Se trata en esta etapa de asegurar que el producto cumpla con las expectativas de desempeño establecidas y sus usuarios lo acepten y lo utilicen correctamente. En esta fase se trascienden generalmente los límites estrechos de la organización del proyecto y éste entra en mayor contacto con el medio que necesita del mismo. Se deben evaluar los resultados de la utilización del producto y efectuar los ajustes necesarios para garantizar que se logren los objetivos deseados. [3]

#### 2.2.6. Fase de cierre o terminación

La fase de cierre o terminación consiste en la desincorporación progresiva de los recursos asignados al proyecto, a medida que sus elementos componentes han concluido y se encuentran en una fase normal de operación. Esta etapa, como todas las precedentes, debe ser planificada y controlada adecuadamente con el fin de lograr que se cumpla en el plazo previsto y se realice de manera ordenada y satisfactoria. Para evitar la prolongación indefinida e innecesaria del proyecto, las condiciones para considerarlo terminado deben haber sido bien establecidas desde la fase de definición del proyecto. Usualmente, un proyecto termina con una evaluación del proceso realizado, con el principal objetivo de derivar lecciones para la ejecución de futuros proyectos. [3]

### 2.2.7. Distintas denominaciones de las fases del ciclo de vida.

En cada área o sector de actividad humana se suelen utilizar denominaciones específicas para cada una de las fases del ciclo de vida de un proyecto, por ejemplo:

Tabla N° 1. Distintas denominaciones de las fases del proyecto [3]

Fase	Ingeniería	Desarrollo Económico y Social	Sistemas de Información	Negocios
Conceptual	Ingeniería Conceptual	Identificación de Ideas	Análisis	Estudio del Mercado
Definición	Ingeniería Básica	Definición de objetivos	Diseño	Estudio técnico-financiero y evaluación económica
Desarrollo	Ingeniería de Detalle, Procura y Construcción, Pruebas y Arranque	Diseño	Desarrollo	Proyecto
Operacional	Entrega	Ejecución	Implantación	Introducción al mercado
Cierre		Evaluación	Entrega	Evaluación

### 2.3. Ingeniería de Detalle

Es un documento, que concentra de manera escrita todos los criterios de

diferentes visiones, que permiten orientar la instalación de un elemento, donde se identifica la factibilidad para el funcionamiento del mismo. De esta manera, este contempla una propuesta de diseño que permita la implementación de la solución, basada en la plataforma tecnológica a la que pertenezca. El objeto de dicho documento, es permitirle al cliente tomar decisiones de diseño de los sitios, sin tener la necesidad de tener un equipo de trabajo en la estación de estudio o trasladarlo. Esta documentación debe ser explícita, completa y de fácil interpretación, y que a su vez, contenga todas las consideraciones necesarias para la instalación y puesta en servicio de los equipos que serán parte de la red.

En el caso del área de comunicaciones inalámbricas, estas consideraciones por lo general están agrupadas en 5 renglones, el primero relacionado con la parte de infraestructura de los sitios donde se ubicarían los equipos, el segundo relacionado con la solución de ingeniería y factibilidad, el tercero con todos los elementos que involucran sistemas radiantes como es Radio Frecuencia RF, el cuarto referente a la Energía y por último y lo referente a la logística de instalación como es el traslado de equipo, horarios de trabajos, accesos, entre otras.

Por la complejidad que implica el desarrollo de las ingenierías de detalle, es necesario contar con un grupo de trabajo multidisciplinario que complemente cada enfoque particular y pueda unificar criterios para generar un producto final funcional y de calidad.

Es importante reconocer en qué parte se encuentra la ingeniería de detalle dentro de un proyecto, es por eso que a continuación se presenta un diagrama de flujo (Figura N° 2) general que contempla los aspectos referentes a la ingeniería de detalle.

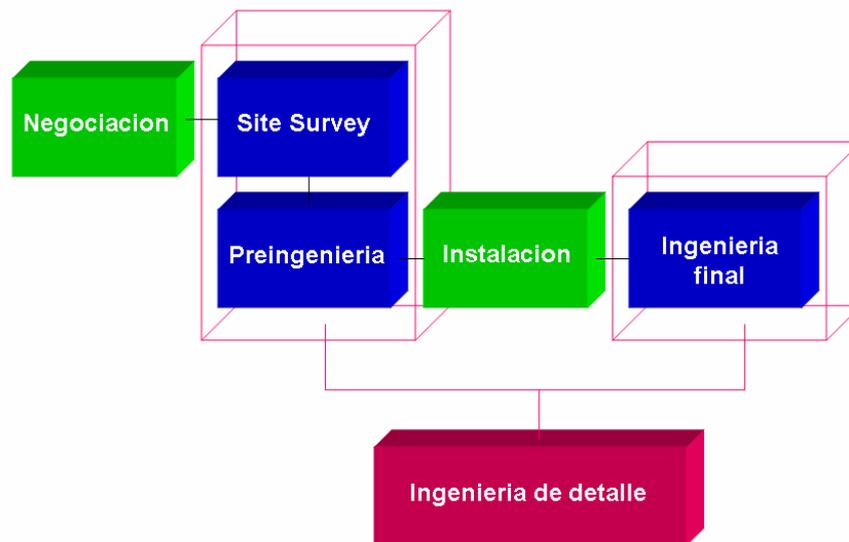


Figura N° 2. Diagrama de flujo general de un proyecto de ingeniería [Huawei]

### 2.3.1. Site Survey (Levantamiento de la información)

El proceso de Site Survey consiste en la realización de un levantamiento exhaustivo de una sala o celda, con el fin de definir las características que presenta la misma. Este proceso es el primer paso para la elaboración de la ingeniería de detalle, ya que facilita toda la información del sitio y en base a esto es que se puede empezar a elaborar la ingeniería como tal.

Después de haber recogido la información propia de la celda se realiza un reporte de inspección y se soporta con una cantidad considerable de fotografías que permitan corroborar la información del reporte. Este reporte en el área de las redes inalámbricas debe contener la información referente a la logística de acceso, la planimetría del sitio que a su vez debe contener la información de la infraestructura,

ubicación de los equipos de la red en funcionamiento, la torre, el sistema radiante, alcantarillas de energía y aterramiento, escalerillas, barras de tierra, equipos de energía, equipos de radio, losas, shelters entre otros elementos.

### 2.3.2. Ingeniería Preliminar

Posteriormente al proceso de Site Survey, viene la fase o etapa de pre ingeniería. Con el reporte y las fotografías, se empieza a armar la documentación necesaria, colocando en un primer paso el sitio tal como se encuentra en el momento de la inspección a nivel de planos, listas de verificación y el soporte fotográfico. Y en segundo paso la propuesta ingenieril para la celda, allí se deben incluir los equipos para la implementación, las adecuaciones necesarias a nivel de infraestructura, sistema radiante y energía.

Este documento es la base para continuar con el proyecto, ya que de la aprobación del mismo por parte del cliente se generará la futura instalación e implementación de la celda.

### 2.3.3. Ingeniería Final

La ingeniería final o cierre como también se le conoce, es el último paso en el proceso de ingeniería de detalle. Su función consiste básicamente en validar la propuesta hecha a nivel de pre ingeniería después de haber ocurrido la instalación. Esta etapa por lo general puede tener o no un site survey involucrado, pero se puede prescindir del mismo si el equipo de campo al momento de culminar la instalación superpone sobre la documentación de pre ingeniería la información referente a como quedó dispuesto el sitio (As built) y realiza un reporte fotográfico.

Este documento es de gran importancia, ya que el cliente una vez que lo aprueba genera el pago final hacia la empresa proveedora. Es importante recalcar que entre mayor calidad y especificidad tenga el proceso de pre ingeniería, más sencillo será el proceso de cierre.

#### 2.4. Fundamentos de redes inalámbricas de área metropolitana

El Sistema Banda Ancha de Acceso Inalámbrico (de sus siglas en inglés BroadBand Wireless Access, BWA), es una propuesta tecnológica muy difundida como una solución a necesidades de transmisión de información de alta capacidad. Estos Sistemas se presentan como una alternativa a sistemas de “Última Milla” alámbrica (DSL, Fibra, Cable), basada en enlaces inalámbricos que se interconectan por medio de Estaciones Base (Base Stations, BS) a los usuarios finales (residenciales, comerciales, empresariales). Estos tipos de sistemas han evolucionado en función de los requerimientos de los clientes, por lo que en la actualidad son capaces de proveer servicios de voz, datos, video e Internet bajo una o múltiples plataformas. [4]

En Venezuela, los sistemas conocidos como Local Multipoint Distribution Systems (LMDS), han recibido ciertos espacios del espectro radioeléctrico para su operación, otros países (Francia, Canadá, Europa Occidental, entre otros) también han asignado espacio de frecuencias para acomodar sistemas BWA (MMDS, MVDS, HIPERLAN,...). En vista de las ventajas que ofrecen los sistemas inalámbricos por el bajo costo de instalación y despliegue, cuando es comparado con los sistemas alámbricos (Fibra, Cable, Par Trenzado) para redes de area metropolitana, los sistemas BWA se han convertido en una propuesta de mercado muy atractiva, ya que pueden proveer a sus usuarios velocidades de conexión que alcanzan 2.2 Gb/s (unos 550 canales de 4 Mb/s, cada uno). [4]

Muchos de estos sistemas se han desarrollado en forma propietaria por lo que su interoperabilidad y capacidad de expansión a nivel de proveedores de servicio (ISP) han tenido ciertas limitaciones. La falta de existencia de estándares reconocidos y a un mercado en el cual el segmento de equipos está constituido por un 95% de tecnologías propietarias, han hecho que los ISP se enfoquen en bajos volúmenes de clientes con muy alta demanda de ancho de banda; esto ha dejado de lado a un gran número de clientes potenciales tales como clientes de baja demanda, residenciales, pequeñas empresas y viajeros frecuentes. Lo expuesto anteriormente llevó a diferentes organizaciones a unir esfuerzos en procura de un estándar de comunicación que permita resolver estas limitaciones y crear nuevas oportunidades en el mercado de telecomunicaciones. [4]

#### 2.4.1. El Grupo IEEE 802.16

En Abril de 1998 la organización N-WEST (Nacional Wireless Electronic Systems Test Bed) tuvo como iniciativa tomar en cuenta todos los problemas relacionados con la falta de estandarización, posteriormente se celebró en septiembre del mismo año una reunión entre los directivos del grupo de trabajo 802 de IEEE y las empresas que conformaron a N-WEST, lo que llevó a la aprobación del Grupo 802 para el estudio de sistemas BWA, que permitieran el desarrollo de estándares que tomaran en cuenta los siguientes aspectos:

- Uso de enlaces inalámbricos con radios de microondas u ondas milimétricas.
- Uso de espectro licenciado.
- Escala de área metropolitana.
- Servicio de acceso público a clientes grandes, medianos y

pequeños.

- Implementación de Arquitectura Sistemas Punto Multipunto.
- Soporte tráfico heterogéneo (Datos, VoIP, Video), con manejo de calidad de servicio (QoS)
- Capaces de transmisión Banda Ancha (>2 Mb/s)

De esta forma nacen dos entidades, las cuales son referidas como WIMAN al grupo de trabajo 802.16 y WIMAX al consorcio de empresas que promueven la tecnología, algunas veces se refieren al estándar como WIMAX [4]

La primera versión del estándar IEEE 802.16, se completó en el año 2001 y define la interfaz de aire del protocolo de control de acceso al medio (Medium Access Control, MAC) para redes metropolitanas inalámbricas, el cual pretende sentar las bases para los servicios de sistemas BWA de área metropolitana que permitan prestar servicios de VOZ, datos y Video para usuarios residenciales y empresariales. Inicialmente el interés del estándar se centró en el rango de frecuencias de 10 – 66 GHz, (IEEE 802.16), para enlaces de “Línea de Vista” (de sus siglas en inglés Line of Sight, LOS), posteriormente se despertó un marcado interés en el rango de frecuencias de 2 – 11 GHz para enlaces tipo Non-LOS (NLOS), debido a la necesidad de facilitar los esquemas de instalación de los usuarios (IEEE 802.16-2004) y recientemente se encuentra la última versión del estándar en fase de aprobación (IEEE 802.16e), que es un anexo al estándar aprobado en el año 2004, el cual prevé a usuarios móviles con canales de comunicación asimétricos (Up link – Down link, UL, DL) que permita la existencia de dispositivos, tales como PDA, teléfonos móviles y computadores portátiles con conexiones de BWA a unos 150 Km./h. [4]

Tabla N° 2. Cuadro comparativo entre los distintos estándares para redes WiMAN

	<b>802.16</b>	<b>802.16-2004</b>	<b>802.16e</b>
<b>Completación</b>	Diciembre 2001	Enero 2003 (802.16a)/Junio 2004 (802.16d)	Octubre 2005 (P802.16eD12)/Diciembre 2005 (802.16e)
<b>Espectro</b>	10 – 66 GHz	< 11GHz (Licencia/Sin Licencia)	< 6 GHz (Licencia/Sin Licencia)
<b>Condiciones de Canales</b>	Línea de Vista solamente	No Línea de Vista	No Línea de Vista
<b>Rata de Transmisión</b>	32 – 134 Mbps en Canales de 28 MHz de Ancho de Banda	Hasta 75 Mbps en Canales de 20 MHz de Ancho de Banda	Hasta 15 Mbps en Canales de 5 MHz de Ancho de Banda
<b>Modulación</b>	QPSK, 16QAM y 64QAM	OFDM 256 Sub-portadoras, OFDM 256 Sub-portadoras QPSK, 16QAM, 64QAM (Inicio) OFDMA 2048 Sub-portadoras (Fut.)	Igual que 802.16 a/d OFDMA 2048, 1024, 512, 256, 128 Subportadoras
<b>Movilidad</b>	Fijo	Fijo, Portátil	Movilidad Nómada
<b>Ancho de Banda de Canales</b>	20, 25 y 28 MHz	Escalable 1.25, 1.5, 1.75 a 20 MHz	Igual 802.16 a/d
<b>Radio Típico de Celda</b>	2 – 5 Km.	7 a 10 Km. Rango Maximo 50 Km.	2 – 5 Km.

Si bien este tipo de sistemas no prevé invadir otros segmentos de mercado en comunicaciones de estándares reconocidos, se espera que en un futuro cercano sustituyan a muchos de los sistemas BWA existentes (LMDS, MMDS, MVDS).

Algunos fabricantes, basados en estándares de red de área amplia (WIMAN) o de área local (WLAN), ver figura N° 3, han tratado de diseñar soluciones para redes de áreas metropolitanas, como por ejemplo, las que actualmente se basan en el estándar IEEE 802.11 o los sistemas basados en 3G/EDGE, pero con limitaciones en velocidades de transmisión o áreas de cobertura. WIMAN debería ofrecer soluciones complementarias a otros servicios inalámbricos, incluyendo a los servicios de telefonía móvil (VoIP); pero algunos autores se refieren al nuevo estándar como una nueva forma de competencia para otros sistemas de comunicación de área metropolitana o local que existen en operación (Celular, WILAN, entre otros) [4]

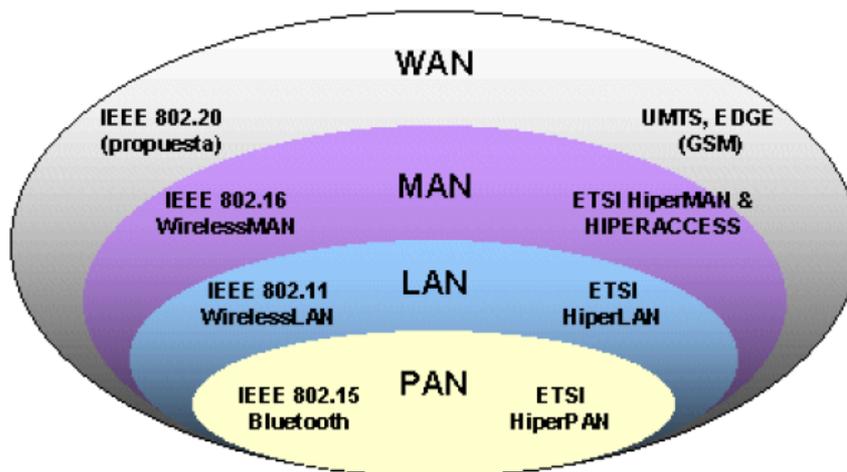


Figura N° 3. Protocolos de Redes de Comunicación Inalámbrica. [4]

Actualmente, el estándar IEEE 802.16 y sus posteriores modificaciones establecen las siguientes características, para las redes área metropolitana de sistemas BWA:

- Operación en frecuencias licenciadas y no licenciadas.
- Utilización de enlaces de los tipos LOS (10 – 66 GHz) y en NLOS (2 – 11

GHz).

- Prestación de servicios de tipo fijo, portátil y móvil nómada.
- Ofrecimiento de servicios BWA a clientes del tipo empresarial con gran demanda de Ancho de Banda, pequeña empresa con poca demanda, residencial y viajeros de alta frecuencia
  - Esquemas de modulación basados en una portadora (Single Carrier, SC) o múltiples portadoras (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM).
  - Esquemas de acceso diseñados en función de las tecnologías de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) y acceso múltiple por división de frecuencia (OFDMA)
  - Otorgamiento de ancho de banda en forma dinámica por negociación con el usuario
  - Organización de la arquitectura en celdas, con capacidad de reuso de frecuencias.
  - Soporte de conexiones para datos, VoIP, video e Internet.
  - Soporte de protocolos IPv4/IPv6, DHCP, privacidad, seguridad y criptografía.
  - Manejo de calidad de servicio (QoS).
  - Posibilidad de soporte de continuidad del servicio en redes de área local (LAN/WLAN) y la red WIMAN.
  - Facilidad de instalación en el lado del cliente
  - Disponibilidad del enlace con un 99.99% de disponibilidad.

#### 2.4.2. Conceptos Básicos

El estándar IEEE 802.16-2004 establece que la arquitectura de un sistema BWA está compuesta típicamente por un radio fijo (o móvil, según el IEEE P802.16/e,

pendiente por aprobación) utilizado para dar servicio de comunicación entre un usuario (de sus siglas en inglés Subscriber Station, SS) y el núcleo principal de la red (Core Network). El termino Banda Ancha según la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones), se refiere a transmisiones de velocidad que están típicamente por encima de 1.5 Mbps. Este tipo de redes opera en forma transparente para el usuario, es decir, que un usuario de una SS no necesita conocer los detalles técnicos de su funcionamiento. Estos usuarios del sistema BWA funcionan dentro del area de cobertura de una estación base (BS), la cual tiene como responsabilidad prestar interconexión de última milla a todos los SS del sistema, realizar transferencia de una BS a otra cuando se produzca el desplazamiento de SS móviles e interconectar los usuarios con el núcleo de la red. [4]

La BS es capaz de atender a múltiples usuarios gracias a un bloque de frecuencias, las cuales son reservadas para la transmisión de banda ancha. Debido a las limitaciones en áreas de cobertura, el reuso de la frecuencia es un medio muy empleado para aumentar la capacidad de comunicación en una región determinada donde pueda existir más de una BS, permitiendo maximizar la zona de servicio. Este grupo de frecuencias es asignado en forma dinámica y en función de la demanda de tráfico de los diferentes usuarios que utilizan el servicio. En el estándar IEEE 802.16-2004 se ha establecido que el rango de frecuencias de 2 a 11 GHz maneja un topología física de conexión tipo malla, mientras que en las bandas de frecuencias entre 2 y 66 GHz la topología de interconexión es tipo punto multipunto (PMP). [4]

Las estaciones SS son aquellas que interconectan los equipos terminales (Terminal Equipment, TE) de los usuarios a la red BWA, la SS es capaz de prestar servicios de datos, VoIP e Internet de alta velocidad. La interconexión de Banda Ancha se consigue debido a que las demandas de comunicación son regularmente poco

correlacionadas entre sí y es posible transmitir a muy altas velocidades con una muy alta eficiencia espectral; esto se consigue luego de un análisis estadístico del tráfico de los usuarios en las redes WIMAN. Adicionalmente a las BS, la SS y el TE, la arquitectura de la red posee equipos de enlaces interceldas, estaciones repetidoras (de sus siglas en inglés Repeater Stations, RS) y antenas pasivas o adaptativas, estas últimas también conocidas como antenas inteligentes. En la figura N° 4 se muestra el esquema mencionado. [4]

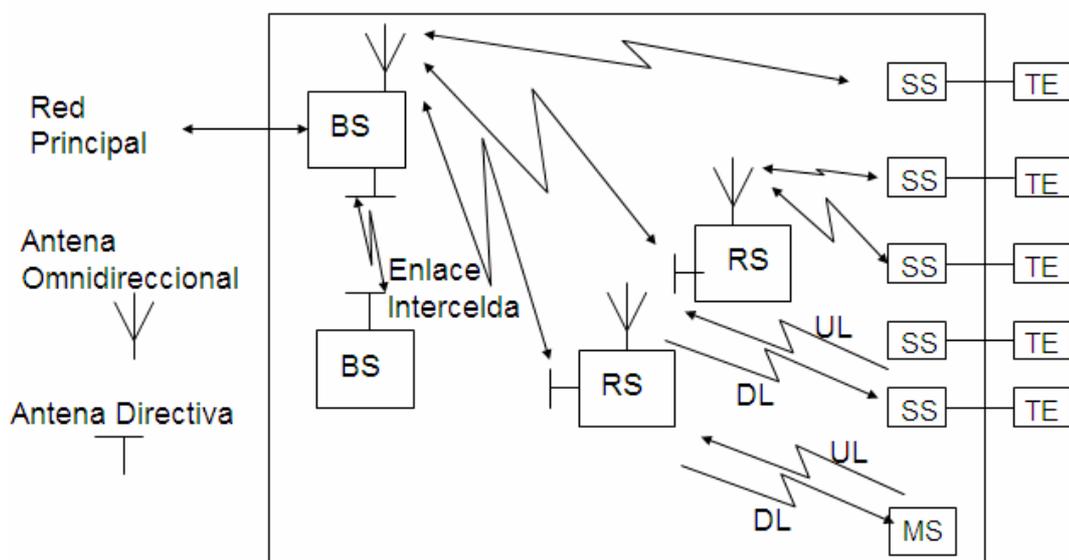


Figura N° 4. Arquitectura referencial de una Red tipo WIMAN. [4]

Los enlaces interceldas están constituidos por enlaces del tipo LOS, en el rango de frecuencias permisadas para microondas, permite la interconexión entre las BS que componen el sistema BWA. Estos enlaces de comunicación son de muy alta velocidad ya que son responsables de todo el transporte de la información de usuarios a la red de alta velocidad. La BS también puede interconectarse a estaciones RS, cuya función es la de incrementar las áreas de cobertura por medio de la repetición de la

señal, mejorando los niveles de potencia recibida por las SS. [4]

Los diferentes tipos de antenas que se recomiendan para el actual estándar de sistemas BWA lo conforman antenas pasivas y adaptativas. Las antenas pasivas están constituidas principalmente por antenas directivas utilizadas en enlaces fijos LOS o NLOS. La antena adaptativa (Adaptive Antenna, AA) o inteligente (Smart Antenna) es un tipo de antena que utiliza nuevas tecnologías basadas en el procesamiento digital de señales, para mejorar parámetros de la transmisión que produzcan un aumento en la capacidad de comunicación. Principalmente estos dispositivos están implementados a nivel de la BS, y se prevé su utilización como esquema principal de radiación para la atención de SS móviles. La antena de una celda tradicional (principalmente usada en telefonía celular) emite la señal electromagnética en toda el área de cobertura sin distinguir la posición del usuario. La AA permite hacer una estimación de la dirección en la cual se encuentra el usuario y es capaz de redireccionar el haz electromagnético en ese sentido (figura N° 5) esto trae como beneficios un mejor control de la potencia y una reducción en los niveles de exposición electromagnética. [4]

Adicionalmente a las AA, el estándar 802.16 contempla otras alternativas no excluyentes para mejorar el desempeño del sistema y su capacidad. Una de ellas es la diversidad de antena, la cual consiste en el arreglo de múltiples antenas ya sea en sistemas transmisores o receptores. Ésta se fundamenta en el principio conocido como diversidad espacial, en la cual se presume que si una antena tiene la posibilidad de sufrir pérdida de señal debido a un desvanecimiento acentuado, es posible que otra antena que se encuentra ubicada a una distancia determinada alejada de la primera, tal vez no sea afectada por el mismo tipo de problema. La telefonía celular moderna ha aprovechado con éxito la utilización de este tipo de arreglos, principalmente en sus BS. [4]

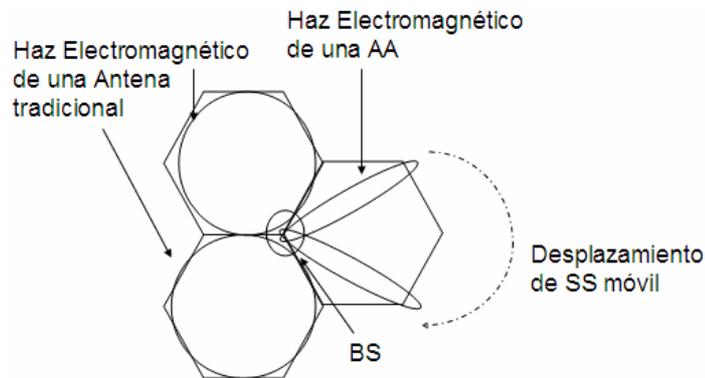


Figura N° 5. Esquema comparativo entre antenas pasivas y adaptativas en una celda de tres sectores [4]

Una segunda variante a este tipo de soluciones consiste en la tecnología de Múltiples Entradas Múltiples Salidas (MIMO) en la cual un dispositivo posee varios transmisores y varios receptores, y a diferencia de la diversidad de antena, en la cual las antenas transmiten o reciben el mismo grupo de datos, MIMO transmite o recibe un grupo de datos único en cada par transmisor, lo que les permite aumentar las velocidades de transmisión. Este desarrollo se conoce como multiplexación espacial (Spatial Multiplexing, SM) en los ambientes académicos y de investigación, pero al mismo tiempo que aumenta la velocidad de transmisión también reduce la tolerancia a desvanecimiento. Por consiguiente siempre se debe encontrar un compromiso entre la diversidad de antena y la SM. [4]

Las aplicaciones de antenas adaptativas en sistemas BWA, pueden observarse principalmente en las aplicaciones, que se resumen a continuación:

- Ganancia de arreglo, la cual consiste en aumentar la relación portadora a ruido (Carrier to Noise Ratio, C/N), ya que en la recepción la potencia de portadoras es directamente proporcional al número de antenas receptoras.

- Ganancia por diversidad de antena, tal como fue explicado anteriormente, la diversidad permite un mayor nivel de tolerancia ante el desvanecimiento y las múltiples trayectorias.
- Reducción de interferencia co-canal a nivel de SS, permite esquemas muy agresivos de reuso de frecuencias, ya que tanto la señal de la celda como la señal interferente poseen diferentes patrones de diferenciación espacial, permitiendo mejorar el nivel de relación de portadora a interferencia (Carrier to Interferente Ratio, C/I).
- Implementación de acceso múltiple por división de espacio (de sus siglas en inglés Space Division Multiple Access, SDMA), conocido también como reuso angular, permite que una BS pueda atender a múltiples usuarios con una misma frecuencia, tan sólo cambiando el ángulo de orientación del haz de radiación de la antena.
- Implementación de SM (MIMO).
- Mejora en el desempeño de los sistemas BWA, por aumento de capacidad de transmisión

Las ventajas de utilización de esquemas tan complejos de radiación son los siguientes:

- AA pueden incrementar la eficiencia espectral dramáticamente, en función de los requerimientos de ancho de banda, debido a las altas velocidades de transmisión.
- En sistemas fijos a nivel de SS es posible la instalación de arreglos de AA, (Diversidad de Antena) basadas en MIMO y SM, mejorando su capacidad de transmisión.
- Debido a la naturaleza del tráfico asimétrico entre los enlaces de bajada (Down-Link, DL) y los de subida (Up-Link, UL). La instalación de diversidad de

antena a nivel de SS fijo, podría mejorar la eficiencia del DL.

➤ La calidad de servicio que se puede alcanzar es comparable con la de los servicios inalámbricos [4]

#### 2.4.4. Técnicas de Modulación

Los sistemas de comunicación inalámbrica han despertado un gran interés en el ámbito de la investigación académica y aplicada, principalmente por los retos de comunicación que se imponen y de maximización de los anchos de banda disponible. En esta sección se describirán en forma simple, esquemas de modulación para una portadora (SC) o múltiples portadoras recomendadas para WIMAN. [4]

##### 2.4.4.1. Modulación por desplazamiento de fase (Phase Shift Key, PSK)

Una señal digital modulada en formato PSK, consiste en hacer cambiar la fase de una señal de portadora de frecuencia  $f_c$  en función de la información digital a transmitir. Este tipo de modulación puede ser representada matemáticamente como,  $A(t) = \{ A_c * \cos(2\pi f_c t), 1 \text{ Binario} / A_c * \cos(2\pi f_c t) + \pi, 0 \text{ Binario} \}$  (Binaria - PSK) en la cual se evidencia el cambio de fase en función del símbolo binario. En la figura N° 6 se muestra un ejemplo de esta modulación. [4]

Este tipo de señales tiene la particularidad que puede mejorar la eficiencia espectral utilizando la técnica de modulación multinivel (M-PSK), la cual consiste en aumentar el número de fases de desplazamiento, lo que permite codificar mayor número de bits en cada fase, sin aumentar el requerimiento de ancho de banda. Tal es el caso de la modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (QPSK), la cual codifica 2 bits en cuatro fases separadas entre sí por un ángulo de  $\pi/2$ . Este esquema ha

sido recomendado por IEEE 802.16-2004 como esquema de modulación para enlaces LOS y NLOS tipo fijo. [4]

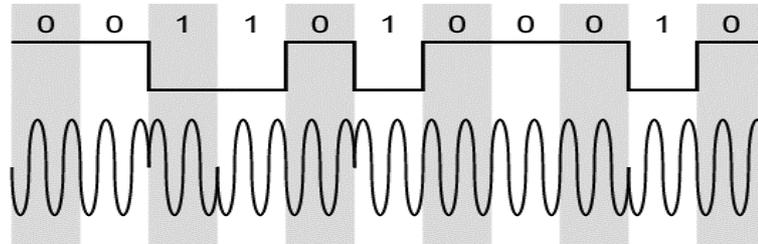


Figura N° 6. Forma de onda de una señal digital modulada en PSK. [4]

#### 2.4.4.2. Modulación en amplitud de cuadratura (QAM)

Es una técnica de modulación que combina dos técnicas de modulación, por desplazamiento de fase (PSK) y por desplazamiento de amplitud (Amplitude Shift Key), esta última consiste en producir cambios en la amplitud de la señal portadora en función de la información digital a transmitir. Esta combinación de señales permite simultáneamente codificar información tanto en la fase de la señal como en su amplitud, lo que en la práctica se traduce en una mayor asignación de bits en cada símbolo a transmitir, mejorando la eficiencia espectral de la señal. Adicionalmente se aprovecha el hecho que se pueden enviar dos portadoras ortogonales entre sí, ángulo de separación entre ellas de  $90^\circ$ , con la misma frecuencia lo que prácticamente duplica la capacidad de transmisión. Por supuesto mientras mayor sea el número de bits a codificar, mayor será la posibilidad de errores por causas del ruido o por la atenuación. Este tipo de modulación ha sido recomendada por IEEE 802.16 para enlaces LOS y NLOS tipo fijo, donde su implementación se limita a las técnicas de QAM-16 y QAM6-64. [4]

#### 2.4.4.3. Multiplexión por división ortogonal de frecuencias (OFDM)

La técnica de modulación en OFDM consiste en tomar una sola señal digital de alta velocidad y separar el mensaje en múltiples portadoras al mismo tiempo, en vez de transportar múltiples mensajes; para esto se requiere que la señal a transmitir posea las características de un grupo de datos organizados en paralelo o bloque de  $N$  símbolos. Estos bloques serán alimentados a moduladores de múltiples portadoras los cuales serán transmitidos en el canal correspondiente. A pesar de los estudios de los sistemas de modulación basados en OFDM realizados por más de 20 años o sus versiones anteriores conocidos como Multitono Discreto, no fue sino hasta la aparición de los procesadores digitales de señales (Digital Signal Processor) y sus aplicaciones en las comunicaciones los que realmente han impulsado este esquema de modulación. [4]

Un esquema simple de modulación en OFDM puede resumirse como el presentado en la figura N° 7, cuya operación se describe a continuación. La data de alta velocidad es ingresada a los dispositivos de codificación y permutación, posteriormente la información binaria es mapeada a una constelación de símbolos QPSK, 16-QAM o 64-QAM, generando una señal de salida  $\{a_n\}$ . Una vez realizado este proceso la señal es organizada en paralelo para ser ingresada a un bloque DSP, que calculará la transformada discreta inversa de Fourier (IDFT), produciendo la señal  $\{b_n\}$  como una suma de señales senoidales, figura N° 8. Luego del bloque DSP, la señal  $\{b_n\}$  es filtrada en banda base y posteriormente es desplazada a la frecuencia de portadora por el modulador en cuadratura, para ser transmitida. [4]

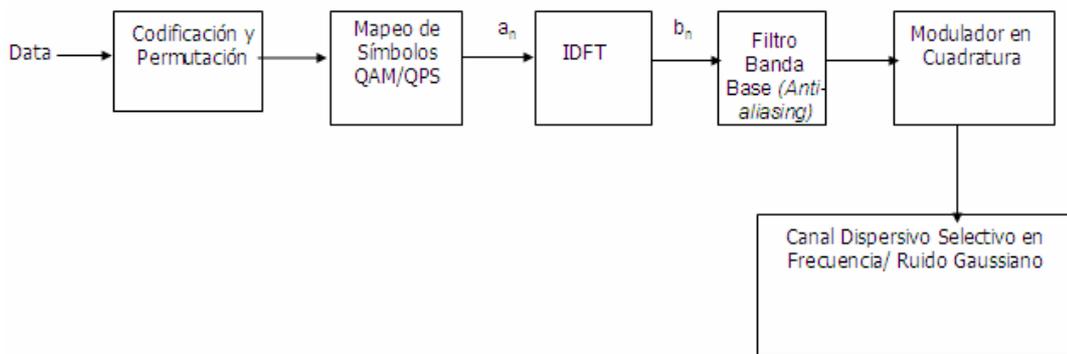


Figura N° 7. Esquema simplificado de un transmisor OFDM. [4]

El demodulador de la señal OFDM se compone de los bloques inversos del modulador, tal como se evidencia en la figura 9. La señal proveniente del canal es primero ecualizada y remodulada, luego es inyectada a un dispositivo DSP, el cual calculará la transformada discreta de Fourier (DFT). Los datos de salida  $\{C_n\}$  son desmapeados del esquema QAM o QPSK correspondiente y posteriormente le son aplicados a la señal de salida  $\{d_n\}$  los algoritmos de corrección de errores que correspondan. [4]

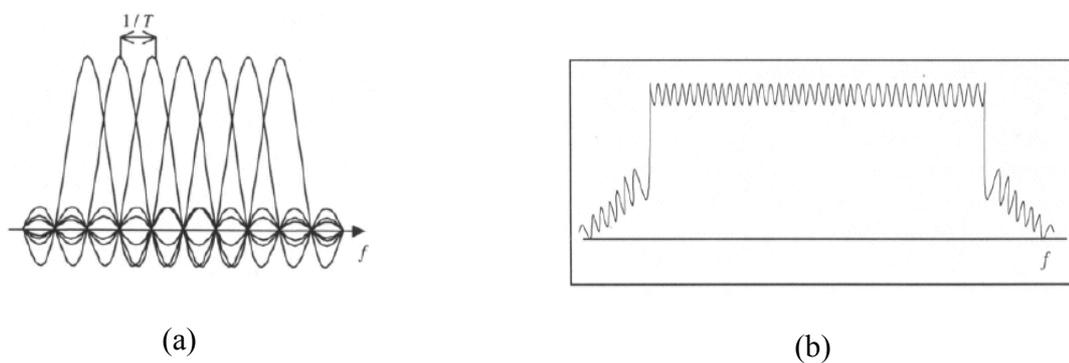


Figura N° 8. (a) Espectro en frecuencia típico de una señal OFDM. (b) Espectro de frecuencia típico de una señal OFDM. [4]

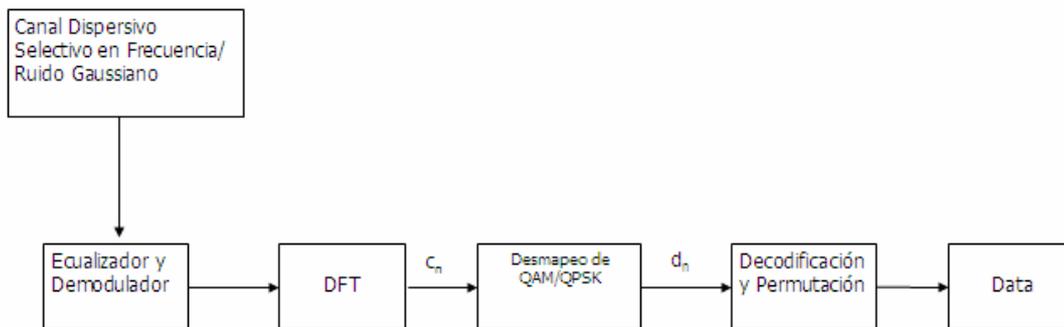


Figura N° 9. Esquema simple de un receptor OFDM [4]

La ventaja principal de este esquema de modulación en los canales dispersivos y selectivos en frecuencia y multitrayectoria (típicos en comunicaciones inalámbricas), consiste en la relativa facilidad con la cual se puede realizar en el dominio de la frecuencia la separación de la información ruidosa con respecto a la información “limpia”, lo que trae como consecuencia una mejora en las etapas de decodificación. Para ello es necesario la adopción de un sistema adecuado de codificación y corrección de errores. En los estándares IEEE 802.16-2004 y P802.16e se prevé la adopción de 256-OFDM (256 Subportadoras) y 2048-OFDM para usuarios fijos y móviles NLOS. Adicionalmente es conveniente resaltar que una señal OFDM tiene un comportamiento muy similar a la modulación de espectro disperso por salto de frecuencia. [4]

#### 2.4.4.4. Técnicas de Control de Acceso

El grupo de trabajo 802.16 ha establecido dos técnicas fundamentales para el acceso a la red a nivel de capa de protocolos de MAC. La primera es conocida como Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA) y ha sido ampliamente utilizada en los actuales sistemas de comunicación inalámbrica. Consiste en dividir el espectro de radio frecuencias en ranuras de tiempo en las cuales solamente un usuario puede

transmitir o recibir, todos los usuarios comparten la misma frecuencia. Las ranuras de tiempo que se asignan a cada usuario se repiten periódicamente; por lo tanto el total de ranuras de tiempo de una trama de comunicación equivale al total del número de usuarios. [4]

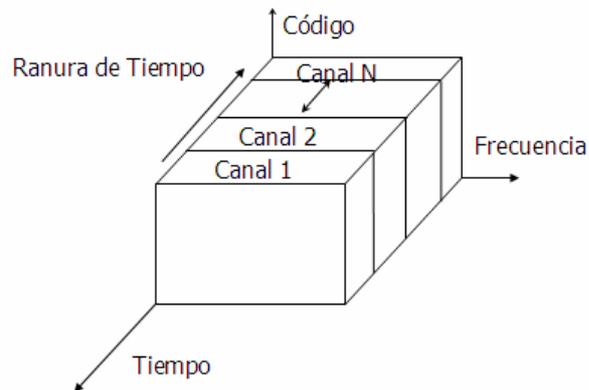


Figura N° 10. Esquema TDMA de distribución de canales en una ranura de tiempo [4]

La información es transmitida en formato de tramas, las cuales se subdividen en el preámbulo del mensaje y los bits de finalización. Codificado en el mensaje se encuentra cada ranura de tiempo, que a su vez posee los bits de control de la SS específica y el correspondiente mensaje. Cada estándar maneja su propia estructura. [4]

Las principales características de un sistema TDMA son:

- Comparte una sola frecuencia para múltiples usuarios, donde cada usuario posee su propia ranura de tiempo sin solapamiento
- La transmisión de los usuarios no es continua sino más bien en ráfagas, esto permite mejorar el consumo de batería.
- Posee un proceso de handoff más simple ya que la transmisión no es continua
- Requiere de ecualización para mejorar la relación señal a ruido.

- Utiliza diferentes ranuras de tiempo para transmitir y recibir información.
- Requiere de una cabecera de sincronización muy grande debido a la transmisión en ráfagas.
- Puede asignar a un individuo varias ranuras de tiempo y así aumentar las necesidades de ancho de banda del usuario en forma dinámica y basada en prioridad.

El segundo método propuesto 802.16 como método de acceso es el recientemente desarrollado Acceso Múltiple por División de Frecuencia Ortogonal (OFDMA), es una variante del conocido esquema Acceso múltiple por División de Frecuencia (FDMA). OFDMA, basado en el principio de OFDM consiste en diferentes usuarios compartiendo el mismo ancho de banda proyectado en el espacio de la transformada rápida de Fourier (FFT). Es decir, cada usuario transmite un conjunto de sub-portadoras correspondientes a los canales de UL y DL, las cuales son esparcidas a lo largo del ancho de banda disponible. [4]

Cada sub-canal transporta un flujo de información específico, con diferente esquema de modulación, codificación y amplitud; por medio de los cuales se distinguen los diferentes usuarios. La principal idea detrás del empleo de este esquema es la de disminuir los efectos causados por el desvanecimiento selectivo en frecuencia del canal de comunicaciones; el cual es mitigado gracias a que las subportadoras de un canal específico son asignadas a grupos de frecuencias seleccionados por un proceso de permutación aleatoria, dentro del ancho de banda. Lo que produce en la práctica, es una forma de modulación en espectro disperso por salto de frecuencia (Frequency Hopping Spread Spectrum, FHSS). [4]

Las características más resaltantes de este esquema de acceso, se resumen a continuación:

- OFDMA será empleado en 802.16 como método de acceso requerido por comunicaciones con características de canal muy agresivas.
- Se requieren 2048 ó 4096 subportadoras para operación.
- Se tienen previsto sub-canales para protocolos de control, tonos pilotos y sub-portadoras de ancho de guarda.
- Tiene capacidad de manejo de canales de comunicación asimétricos (UL/DL), debido a que los sub-canales son asignados en función de los requerimientos de los usuarios.
- Posee un manejo granular fino del ancho de banda por medio de asignación dinámica de sub-canales.
- Al ser una forma de FHSS, OFDMA mejora la relación C/I gracias a la ganancia de procesamiento.
- Debido al empleo de frecuencias ortogonales entre sub-canales, permite que no exista interferencia dentro del área de cobertura de la celda en los flujos de datos de UL.
- OFDMA requiere de mecanismos de corrección de errores para bajas relaciones de señal a ruido (Signal to Noise Ratio, SNR).
- Comparado con la técnica de Acceso Múltiple por División de Código (CDMA), OFDMA ofrece un mejor desempeño ya que al usar frecuencias ortogonales entre sí, no posee interferencia interna a la celda, solamente la proveniente de otras celdas. Por consiguiente OFDMA puede emplear modulación basada en QAM de multinivel (64-QAM) para aumentar su capacidad de transmisión.
- Una desventaja importante con este tipo de sistema lo constituye el efecto de alta relación de valor pico con respecto al valor promedio de las portadoras. Esto hace que las amplitudes de ciertas sub-portadoras tengan valores que difieren notablemente con respecto al promedio, lo que demanda amplificadores de potencia

con mayores anchos de banda y por ende más costosos de producir. [4]

#### 2.4.4.5. Técnicas de Codificación y Corrección de Errores.

La codificación de un canal comprende principalmente de tres elementos:

1. Aleatorización: Consiste en modificar digitalmente los bits de información utilizando un sistema pseudo-aleatorio que permita la codificación de la señal digital, otorgándole un aspecto que carezca de sentido y ocultando los patrones de información en el mensaje. [4]

2. Corrección de Errores en Adelanto (Forward Error Correction, FEC): Permite la protección de información y posterior corrección en caso de errores de una señal digital, mejorando los desempeños en presencia de bajo SNR. Consiste en agregar información adicional al mensaje (paridad), la cual será utilizada por un decodificador para subsanar los errores producidos durante la transmisión de información. [4]

3. Permutación (Interleaving): Es una técnica muy utilizada en comunicaciones inalámbricas que consiste en el cambio de posición de los bits de una trama de tal forma que la información no sea afectada severamente por el ruido de ráfaga, permitiendo que los esquemas FEC puedan corregir mayor número de errores. [4]

## CAPITULO III

### CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS PARA LA RED WiMAX

#### 3.1.1.1. BTS3703

La BTS3703, un producto propietario desarrollado por HUAWEI, es una estación base de WiMAX (Figura N° 11). Está basada en la plataforma madura de telecomunicación de HUAWEI. La BTS3703 tiene muchas funciones básicas que cumplen los requisitos de los clientes. [5]

El WASN9770 y la BTS3703 de HUAWEI tienen las siguientes ventajas:

- La BTS3703, conectada con el WASN9770 y las MS, se aplica extensamente a los servicios de banda ancha inalámbrica en el acceso de banda ancha fijo y móvil. El WASN puede trabajar para una red independiente o trabaja como suplementario para redes de 3G.
- El ASN proporciona servicios de acceso inalámbrico de banda ancha (BWA) con una cobertura extensa y de gran capacidad. Ofrece rápida conexión a la red y bajos costos de operación.
- La BTS3703 tiene una alta confiabilidad. Posee un gran soporte de servicios y funciones, y soporta múltiples interfaces estándar. Su operación y mantenimiento son convenientes y fáciles.

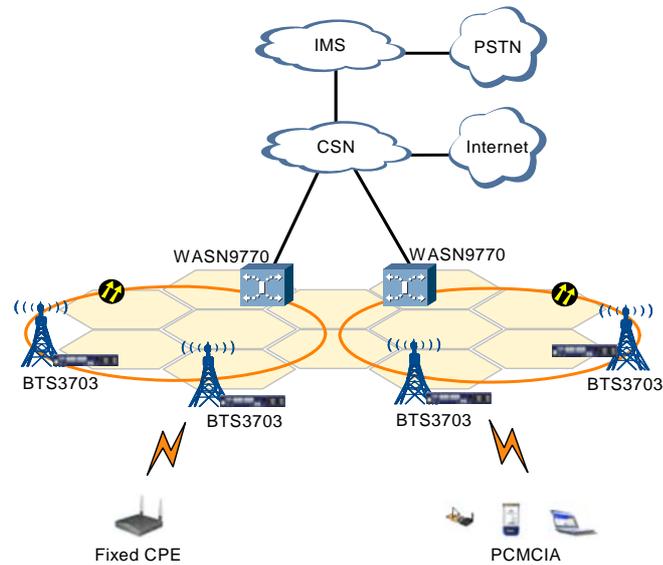


Figura N° 11. Topología de red típica de los dispositivos de HUAWEI WiMAX [5]

### 3.1.1.1. Estructura total

La BTS3703 consiste en la unidad de banda base (Base Band Unit, BBU), la unidad de radio remota (Remote Radio Unit, RRU), y el sistema de guías de ondas de la antena. El RRU es conectado con el BBU usando fibras y con la antena usando guías de ondas (Figura N° 12). [5]

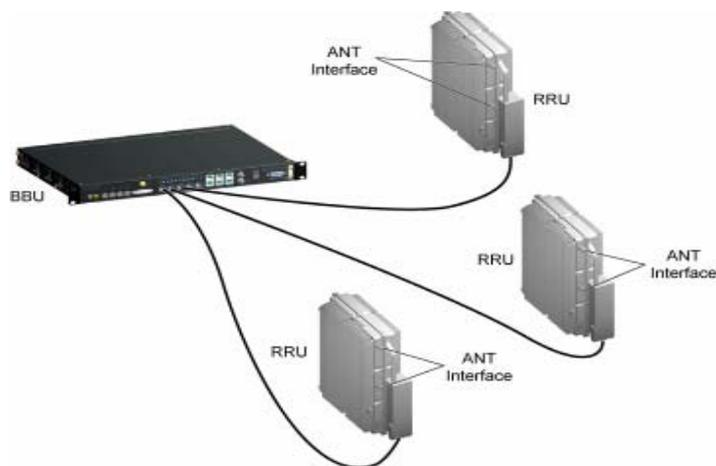


Figura N° 12. Apariencia de los componentes de la BTS3703. [5]

## 1. BBU (Base Band Unit)

El BBU es la parte interior (indoor) de la BTS3703. Realiza las tareas siguientes:

- Procesamiento de la transmisión del servicio
- Procesamiento de la banda base
- Control del sistema
- Procesamiento del sincronismo

El BBU, una caja entera de lámina metálica, se diseña de acuerdo con los estándares IEC297. La figura N° 13 demuestra el aspecto del BBU. [5]



Figura N° 13. Apariencia de la BBU. [5]

## 2. RRU (Remote Radio Unit)

El RRU es la parte al aire libre (outdoor) de la BTS3703. Realiza el proceso de frecuencia intermedia y de radiofrecuencia. El RRU es un dispositivo de fundición a presión a troquel compacto. El BBU es conectado con el RRU a través de fibras usando los puertos de CPRI. La distancia máxima entre el BBU y el RRU es de 30km. La

figura N° 14 demuestra el aspecto del RRU. [5]



Figura N° 14. Apariencia de la RRU. [5]

### 3. El sistema de antenas

El sistema de la antena se clasifica en los dos tipos siguientes:

- Sistema de radio antena: La radio antena realiza la tarea de transmitir y recibir las señales de banda base.
- Sistema de antena GPS: La antena GPS realiza la tarea de recibir las señales de GPS.

Las BTS3703 incluyen ambas antenas, direccionales y omnidireccionales. Para las antenas direccionales, la BTS3703 proporciona tres ángulos diversos de apertura: 60°, 90°, y 120°. También existen antenas modificadas para requisitos particulares de otros tipos. [5]

### 3.1.1.2. Estructura lógica de la BTS3703

La figura N° 15 muestra la estructura lógica de la BTS3703.

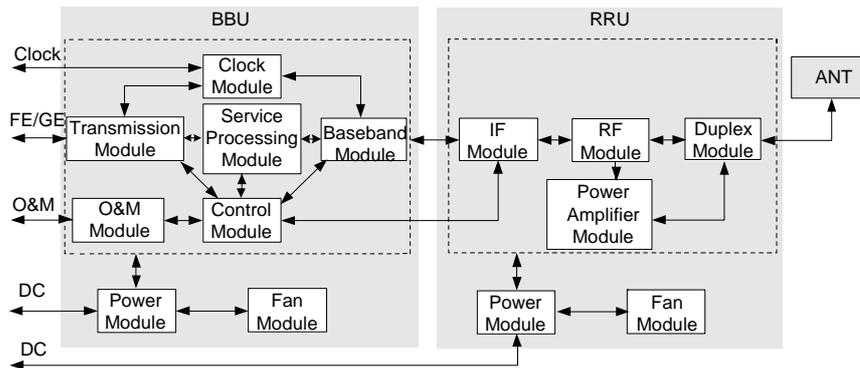


Figura N° 15. Estructura lógica de la BTS3703. [5]

#### 1. Módulos Funcionales de la BBU

La siguiente tabla indica las funcionalidades de cada módulo de la BBU:

Tabla N° 3. Funciones de los Módulos de la BBU. [5]

Módulo	Función
Banda base	Procesa las señales de la banda base en la capa física conforme con IEEE 802.16e-2005, incluyendo: Codificando y decodificando los canales de carga (uplink- UL) y descarga (downlink - DL). Modulación y desmodulación en los canales UL y DL.
Procesamiento del servicio	Procesa servicios en la capa baja del Medio de Control de Acceso (Media Access Control - MAC), incluyendo la planificación QoS y la encapsulación del Protocola de la Unidad de Datos (Protocol Data Unit - PDU) de varios tipos de servicios.

Transmisión	Provee el manejo del tunnel R6 y canales de servicios a través de vínculos Ethernet. El sistema soporta dos (2) puertos eléctricos Ethernet de 100/1000 Mbps o dos (2) puertos ópticos Ethernet de 1000 Mbps.
Control	Realiza el manejo del radio, transmisión por cable, servicios en la capa alta del MAC y el control del proceso de señalización en la interfaz R6.
O&M	Facilita un (1) Puerto Ethernet de 10Mbps/100Mbps y un (1) puerto serial para el mantenimiento con la ayuda de una interfaz para BBU's apilados.
Reloj	Provee recursos para cronometrar al sistema y referencias de salida del cronometro.
Ventilador	Suministra cinco (5) ventiladores dentro del BBU para el enfriamiento.
Energía	Soporta -48 V DC de entrada y convierte la energía de entrada en energía de salida como sea necesario.

## 2. Módulos Funcionales de la RRU

La siguiente tabla muestra todas las funciones de cada módulo existente en la RRU:

Tabla N° 4. Funciones de los Módulos de la RRU. [5]

Módulo	Función
Frecuencia Intermedia (IF)	En el DL, el modulo IF ejecuta una modulación I/Q digital, conversión alta digital y conversión de digital a analógica (D/A). En el UL, el modulo IF realiza la conversión de analógica a digital (A/D), conversión baja digital y una desmodulación I/Q digital.

RF	En el DL, el modulo RF mezcla las señales análogas IF en la frecuencia requerida de trabajo y las envía a la antena luego de la amplificación de energía. En el UL, el modulo RF procesa las señales recibidas desde la antena a través de la amplificación de sonidos bajos y envía las señales análogas IF hacia el modulo IF luego de la conversión baja.
Duplexer	El Duplexer tiene las siguientes funciones: <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Multiplexa señales Rx y Tx a través de canales RF.</li> <li>➤ Permite que señales Rx y Tx compartan un canal de la antena. <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Filtra señales Rx y Tx.</li> </ul> </li> </ul>
PA	El modulo PS amplifica señales RF DL recibidas desde el modulo RF.
Ventilador	El BBU posee dos (2) ventiladores para enfriamiento. En el ancho de banda de 3.6 GHz, sin embargo, ventiladores no son una necesidad, en estos momentos, porque el RRU se enfría por sí solo.
Energía	El modulo de energía soporta -48 V DC de entrada y lo convierte en energía de salida con un voltaje específico como sea necesario.

### 3.1.2. WASN9770

El WASN9770 de Huawei conforme con los estándares de la Asociación de Industrias de Telecomunicaciones / Asociación de Industrias Electrónicas y protocolos del Foro Mundial de Interoperabilidad para el Acceso de Microondas y Grupo de Trabajo de Redes realiza las funciones de ASN-GW. [5]

El ASN-GW es uno de los elementos claves de la red del sistema WiMAX en el dominio de la Red de Servicio de Acceso. Como un dispositivo de puerta de entrada (Gateway) a una Estación Móvil (MS) para acceder a un paquete externo de datos de la

red (PDN), el ASN-GW esta localizado en la unión de conexión del ASN y el CSN. Conecta el MS a una red IP, suministrando servicios de paquetes de datos para el MS. [5]

### 3.1.2.1. Ubicación en la Red del WASN9770

La Figura N° 16 muestra la posición de la puerta de entrada del servicio de acceso a la red (ASN-GW)/WASN9770 en la red WiMAX. Los usuarios pueden acceder a la aplicación de la red del proveedor del servicio o al sistema de la estructura de la red de Internet de WiMAX. [5]

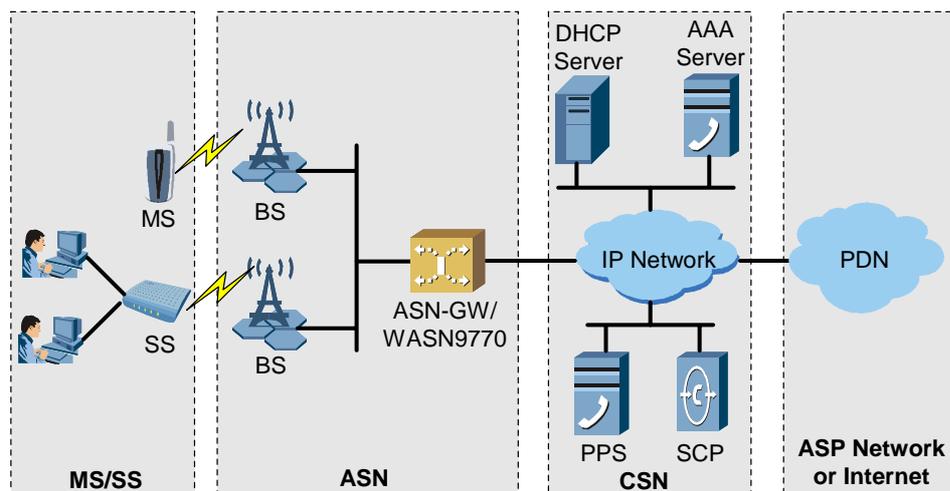


Figura N° 16. Posición del WASN9770 en la Red [5]

### 3.1.2.2. Estructura del Hardware

#### ➤ Gabinete

El WASN9770 usa el gabinete N68-22. Este gabinete es conforme con el

estándar IEC297. Utiliza una fuente de energía de -48V DC. Su capacidad es de 2044.77 mm. (46 U). La Figura 17 muestra la apariencia de un gabinete N68-22. [5]

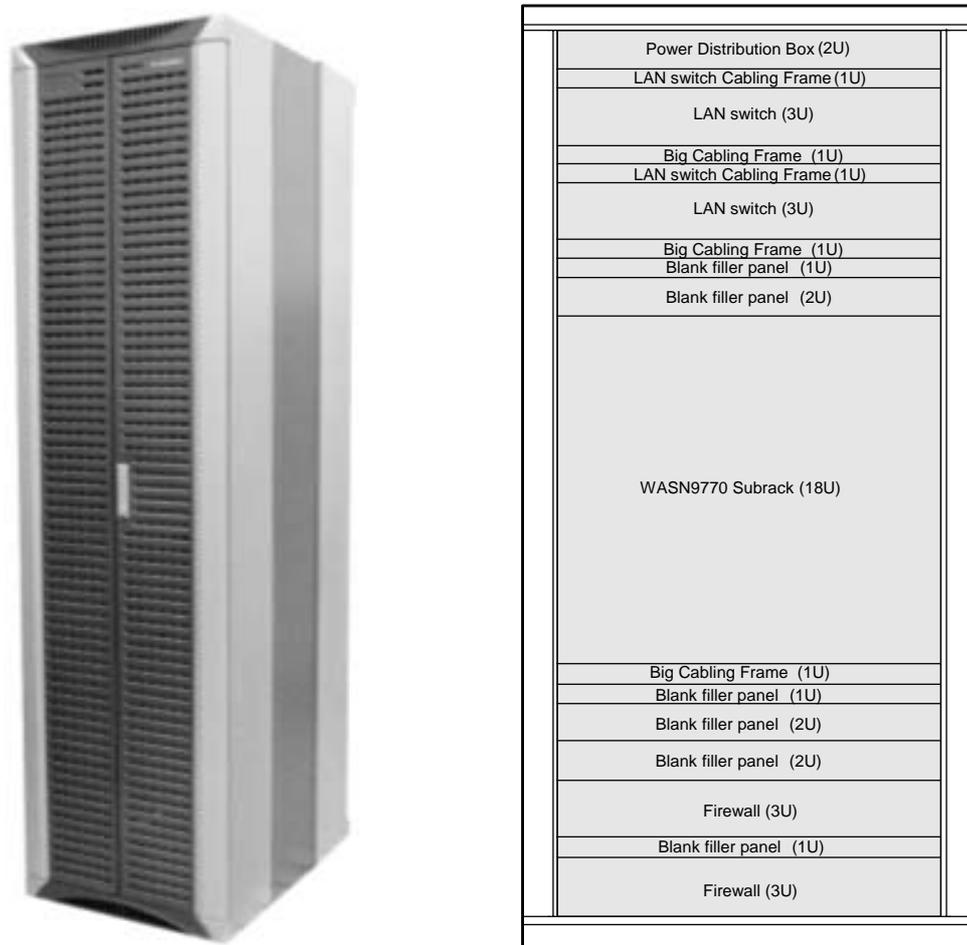


Figura N° 17. Apariencia del gabinete del WASN9770. Configuración típica total del gabinete WASN9770. [5]

Dentro de estos componentes:

- El subrack WASN9770 es obligatorio. Los tableros de servicio principal están montados en el subrack WASN9770

➤ El switch LAN (3U) es opcional. Si el tipo de interfaz de los tableros LPU es Gigabit Ethernet (GE), un switch LAN GE puede estar configurado de acuerdo a los requerimientos de la red.

➤ El cortafuego (firewall) 3U es opcional. Es un dispositivo de seguridad ubicado entre el WASN9770 y el PDN. Si los clientes requieren un tipo específico de seguridad, pueden adquirir otro u otros dispositivos de seguridad.

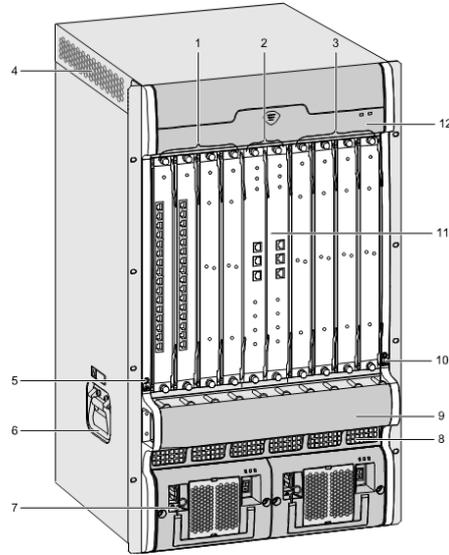
Para mejorar la fiabilidad de la red, se puede configurar dobles switches LAN y cortafuegos (firewalls) y configurar para que trabajen en modos activos y espera (standby). [5]

➤ Subrack

La Figura N° 18 muestra la vista frontal del subrack en una configuración completa. El diseño del subrack WASN9770 conforme con el estándar IEC297 tiene 797.30 mm de altura (18 U), y mide 797.30 mm. (Alto) x 482.60 mm. (Ancho) x 420.00 mm. (Profundidad). [5]

Como se muestra en la figura 18, un subrack incluye:

- Tableros de servicio.
- Modulo de energía.
- Anaquel de ventiladores.
- Canaletas de cables.

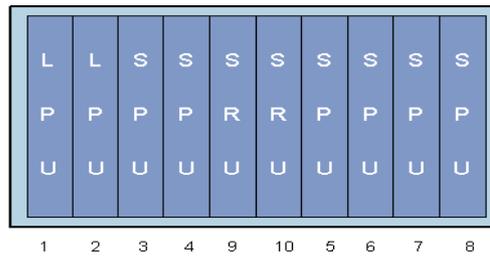


- |                                       |                                     |
|---------------------------------------|-------------------------------------|
| (1) Puertos LPU/SPU (desde el 1 al 4) | (2) Puertos SRU (puertos 9 y 10)    |
| (3) Puertos LPU/SPU (desde el 5 al 8) | (4) Ventiladores de salida de aire  |
| (5) ESD                               | (6) Agarraderas                     |
| (7) Módulo de energía                 | (8) Ventiladores de entrada de aire |
| (9) Bandeja para cables               | (10) ESD                            |
| (11) Tarjetas                         | (12) Módulo de ventilación          |

Figura N° 18. Vista Frontal del subrack en Configuración completa [5]

➤ Tablero

La figura N° 19 muestra el tablero en el subrack WASN9770



- SRU: Unidad de Switching y routing  
 SPU: Unidad de procesamiento del servicio  
 LPU: Unidad de procesamiento de la línea de interfaz

Figura N° 19. Tarjetas del WASN9770. [5]

El subrack WASN9770 generalmente incluye lo siguiente:

- Tarjetas SRU.
- Tarjetas SPU.
- Tarjetas LPU.

### 3.1.3. RTN 620.

#### 3.1.3.1. Aplicación de la red

El sistema de radio transmisión Optix RTN 600 es un sistema digital de microondas de corto recorrido desarrollado por Huawei Technologies Co., Ltd. Cada portador de Radio Frecuencia (RF) del sistema RTN 600 puede transmitir 4/8/16xE1 o 1xSTM-1. [5]

El RTN 600 puede proveer un recorrido de enlaces inversos en una red privada o una red de telecomunicaciones móvil, y puede también enlazarse con sistemas de transmisiones ópticas. [5]

#### 3.1.3.2. Componentes

El Optix RTN 600 adopta una estructura dividida. El sistema consiste de una unidad interna (unidad indoor - IDU) y la unidad externa (unidad outdoor - ODU). Una ODU está conectada a una IDU a través de un cable coaxial. [5]

- IDU

El IDU tiene dos (2) tipos:

- IDU 610: 1U; un tablero IF; configuración sin protección 1+0 de soporte.
- IDU 612: 2U; uno (1) a cuatro (4) tableros IF; configuración sin protección 1+0 de soporte y configuración 1+1.



Figura N° 20. IDU 610 y 620. [5]

- ODU

Hay dos (2) tipos de configuración de antenas:

- Un (ODU) usando una (1) antena. El ODU está instalado en la parte trasera de la antena, usando una montura directa o una montura separada.
- Dos (2) ODU's compartiendo una (1) antena. Un (1) combinador y divisor de señales RF (de ahora en adelante será un combinador híbrido) es usado entre la antena y los dos (2) ODU's. El combinador híbrido puede montarse directamente o separadamente a la antena.



Figura N° 21. Una Antena con uno y dos ODU respectivamente. [5]

#### 3.1.4. iManager M2000

El Huawei iManager M2000, es decir el sistema de operación y mantenimiento integrado de red inalámbrica es un equipo completo de solución de gestión de red lanzado por Huawei. El iManager M2000 tiene como objetivo soportar los productos de la serie de Huawei WiMAX. Además, soporta el acceso de diferentes tipos de equipo y proporciona una gestión de red unificada y centralizada. El iManager M2000 proporciona la interfaz CORBA estándar en su Sistema de Gestión de Red de nivel superior (NMS) para soportar la gestión de red multi-nivel y también proporcionar la interfaz SNMP (*sólo soporta la interfaz de alarma*). Ofrece O&M de todos los elementos de red a través de cualquiera de sus estaciones de trabajo, proporciona múltiples modos de alarma: alarma sonora, alarma de luz, alarma sobre las terminales de O&M y alarma sobre las impresoras, que pueden monitorear el estado de funcionamiento del sistema en tiempo real. A continuación pueden observarse las características del sistema M2000 propuesto. [5]

1. La sólida función de trazado de señalización integrada puede reducir el costo del equipo de trazado externo. Función de trazado de señalización para todas las interfaces. Estado de trazado de usuario designado.
2. Función O&M conveniente que permite al operador procesar las tareas de operación y mantenimiento de manera fácil. La función de análisis de alarmas evita que alarmas similares detecten la falla en forma precisa, lo cual permite mejorar el manejo de fallas por parte del operador. La base de datos de reconocimiento de alarmas comparte el desarrollo de las tareas de operación y mantenimiento. Cuando la alarma logra manejarse de manera exitosa, el sistema almacenará el método de manejo en la base

de datos automáticamente. Ayuda online detallada, asistentes pacientes en cualquier lugar. Lenguaje O&M conveniente, entre ellos MML y GUI El MML permite la implementación rápida para ingenieros calificados La GUI es una interfaz O&M gráfica vivida sobre la base de un mapa electrónico, que beneficia a los ingenieros. También se puede visualizar el sector y la información del carrier de manera gráfica y arrojar información sobre las alarmas en tiempo real.

3. La función de confección de reportes y estadísticas flexibles generan tablas de estadísticas personalizadas, como períodos de tiempo o ítems de estadísticas definidas por el usuario, así como también numerosas plantillas de reportes estándar.
4. Realización de mantenimiento de la subred por medio de interfaces NMS de nivel superior así como también mantenimiento para la totalidad del sistema. Soporte de la interfaz de base de datos core y la interfaz CORBA estándar. Entre las tareas de mantenimiento de subredes se encuentra la preparación de reportes de rendimiento y de reportes de alarmas de subred. La interfaz de Gestión de Red (NMS) de nivel superior lleva a cabo tareas de mantenimiento unificado entre diferentes proveedores.
5. Soporta funciones redundantes para operaciones convenientes tales como *patching* de software on-line, función de interfaz business hall, operación y mantenimiento dial-up remoto. Módulos y placas que permiten intercambio en caliente (hot-swappable), acoplamiento ciego de módulos RF y los datos de configuración de la BTS son cargados al BSC durante la realización de tareas de mantenimiento de hardware.

6. El sistema presenta un alto grado de seguridad. Permite la implementación de tareas de gestión flexible en relación con niveles de autorización de usuarios por medio de la división de red en subredes, configurando el gestor de toda la red, el gestor de la subred y usuarios comunes de la subred y de toda la red. Se puede evitar que se produzcan accesos no autorizados a la red por medio de la implementación de autenticación de ID cuando el usuario inicia y cierra sesión. Además, el sistema provee funciones de restauración y backup de datos con el fin de mejorar la seguridad; además, encripta datos antes de la transmisión.
  
7. El sistema brinda una sólida e inteligente herramienta de reporte que permite a los usuarios personalizar el diseño de los reportes. Además, el sistema provee numerosas plantillas de reportes de configuración y rendimiento. El sistema también brinda diversos modos de generación de reportes para que los usuarios puedan obtener datos del sistema en relación con diferentes funciones de operación y mantenimiento. [5]

## **CAPÍTULO IV**

### **MARCO METODOLÓGICO**

Este proyecto consiste inicialmente en listar las tecnologías existentes en la banda de estudio para así poder realizar un cuadro comparativo entre las tecnologías existentes y la solución ofertada, luego la siguiente fase radica en recopilar toda la información técnica de procesos, tanto internos como externos, que deberían ser estimados para ejecutar un proyecto que incluye los dos sitios nuevos para la red de banda ancha inalámbrica basada en la tecnología WiMAX de CANTV para cumplir con los requerimientos de acceso que demandan las redes actuales.

Seguidamente se deben establecer responsabilidades entre los departamentos tanto del cliente como del proveedor de los equipos, generando un flujograma de procesos donde se consideran tiempos de respuesta para la ejecución del mismo, con el fin de definir el plan de ejecución del proyecto con los recursos empleados para el mismo y crear un documento de ingeniería de detalle que permita cumplir con los tiempos de instalación establecidos. Por último, se demostró la interrelación y desempeño de todos los componentes, y se verificó el diagrama de interconexión de los equipos, para luego listar los valores de medición del modelo, y posteriormente diseñar un documento de medición. A su vez se aplicó el instrumento de medición, para posteriormente generar un reporte.

#### **4.1 Tipo de estudio**

El tipo de estudio se define como proyecto factible, debido a las características que presenta:

Contempla investigación, elaboración y desarrollo de propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales, incluyendo tanto métodos como procesos. El proyecto tiene apoyo en una investigación mixta de tipo documental y de campo. Comprende etapas generales: diagnóstico, planteamiento y fundamentación teórica de la propuesta; procedimiento metodológico, actividades y recursos necesarios para su ejecución de la propuesta y la evolución tanto del proceso como de sus resultados.

#### 4.2 Etapas del proyecto

El proyecto se estructuró en cuatro fases, cada una de ellas tuvo una duración de varias semanas, a cada una de estas semanas se le asignó una o dos actividades específicas para poder cumplir los objetivos planteados en el anteproyecto. Dichas etapas suman un periodo de 18 semanas. Muchas de las tareas a exponer fueron solapadas en tiempo debido a su complejidad.

Para poder cumplir con el objetivo principal, se tuvo la necesidad de interrelacionar un conjunto de actividades de investigación, documentación, trabajo de campo, diseño y análisis para así obtener el producto final. A continuación se hace un recorrido por cada una de estas semanas detallando la actividad que se desarrolló en ella.

Primera Semana:

- Listar las tecnologías inalámbricas de voz y datos en la banda de estudio. Se investigaron las asignaciones en la banda de estudio, y se presentaron las normas expuestas por los organismos reguladores sobre los servicios a ofrecer en ella.

- Realizar un cuadro comparativo entre las tecnologías existentes y la solución ofertada. Se realizó un cuadro en el cual se comparaba las tecnologías inalámbricas existentes, con la solución basada en la tecnología WiMAX

#### Segunda Semana:

- Recopilar información técnica de los posibles equipos ofertados. Se tuvo que discriminar entre los posibles modelos del equipo de acceso BTS3703 y WASN9770 debido que los equipos utilizados para WiMAX como lo son la BBU y el RRU, también pueden utilizados para el acceso a una red UMTS, se hizo un estudio del BOQ y del pliego de licitación que envió el departamento de mercadeo y ventas técnicas en donde se corroboró cuáles equipos fueron vendidos.
- Estudio de la solución ofertada. Se realizó una consulta técnica del documento elaborado por el departamento de Ventas Técnicas (Technical Sales) y Mercadeo (Marketing) donde se describió la solución ofertada a CANTV para los dos sitios ubicados en zona litoral, ya sea los equipos de acceso a los usuarios como los equipos de transmisión entre las dos radio bases y los equipos de gestión de la red.

#### Tercera Semana:

- Discriminar los servicios y los equipamientos de la oferta. Se seleccionaron los servicios vinculados con el proyecto de pasantía: Servicios de Ingeniería y Documentación de los sistemas propuestos y Servicios de inspección en las diferentes localidades de los servicios ofertados. Como la instalación de los equipos se iba a realizar en las celdas de telecomunicaciones de CANTV ubicadas en el litoral central y una sala de telecomunicaciones en la sede de CANTV

ubicada en Caracas, se tomó como decisión tanto de Huawei como del cliente elegir el equipo BTS3703, con un BBU, y 3 RRU's, uno por cada sector de cobertura, para que fuesen instalados en las dos celdas del litoral central, y la instalación del WASN9770 y el equipo de gestión M2000 en la sala de CANTV ubicada en Caracas. Para el caso de la central de Macuto se instalaron dos BBU's, los cuales uno tiene la configuración de un solo sector (un RRU, un GPS y una antena) y el otro con dos sectores (dos RRU's, un GPS y dos antenas), esto es para realizar la prueba de handover entre esas dos radio bases contiguas

Cuarta Semana:

- Generar un listado final que contenga nombres de equipos, configuraciones técnicas y servicios ofertados. Se realizó un listado de los equipos que se utilizarían en esta red, definiendo la configuración técnica que logró satisfacer los requerimientos del cliente.

Quinta Semana:

- Estudio de documentación de proyectos similares. Se revisaron una extensa gama de proyectos similares en el área de redes inalámbricas, entre ellos: Red CDMA y GSM para Movilnet, Red GSM para Digitel.

Sexta Semana:

- Análisis del proceso de Site Survey. Junto con los supervisores de redes inalámbricas y site survey (Levantamiento del sitio), se analizaron todos los requerimientos (tanto para manufactura en china como implementación en

Venezuela) que era necesario considerar a la hora de realizar el levantamiento. Se planteó el propósito y el proceso de los levantamientos. Se realizó en el departamento de Ingeniería y Diseño una Ingeniería Preliminar para ser presentado al cliente para su aprobación.

Séptima Semana:

- Estudio del proceso de manufactura. Se disertó acerca del Headquarter China (Fábrica y centro de Huawei), allí se expuso cómo hacer las solicitudes, el proceso de fabricación de los equipos, algunos controles de calidad, el flete y el proceso de almacenamiento de los equipos importados de China para Venezuela.

Octava Semana:

- Clasificar las responsabilidades del cliente y de Huawei. Se definieron en una matriz de responsabilidad (Ver Anexo N° 7), que le correspondía a cada una de las partes, para así definir el alcance del instrumento de ingeniería preliminar.

Novena Semana:

- Listar los departamentos involucrados en el proceso de implementación del proyecto y mostrar las responsabilidades que involucra a cada uno de ellos. Se realizó un estudio de los departamentos involucrados en la negociación, el rol que le concierne y la posición en la organización, como lo son: Ventas Técnicas (Technical Sales), se encarga de realizar la negociación y de ofrecer el producto a CANTV; Departamento de Ingeniería y Diseño (EDD) es el departamento que se

encarga de la planificación de las inspecciones de los sitios y da la recomendación del recurso humano a realizar el diseño de ingeniería y la solicitud de manufactura en china; Línea de Productos (Product Line) es el personal encargado de ejecutar pruebas y puesta en servicio de los equipos; Gerente de Proyecto (Project Manager) es el líder de proyecto, encargado de la negociación directa con el cliente; Cadena de Suministros (Supply Chain) es el departamento encargado del traslado desde almacén ubicado en Cagua a los sitios de instalación del equipo.

Décima Semana:

- Categorizar las pruebas requeridas para la aceptación de los equipos. Junto al personal de la línea de productos (Product Line), encargados de las instalaciones, se inicio la revisión de todos aquellos protocolos de prueba y certificaciones por parte de Huawei y el cliente, para aceptar la implementación de un equipo.

Décima Primera Semana:

- Listar las certificaciones necesarias para la aceptación de las instalaciones. Complementando la semana anterior, se revisaron algunos de los protocolos y certificaciones en los equipos que se encuentran en el laboratorio de Huawei Caracas, y se listaron las actas que deben ser firmadas por CANTV para que todas las instalaciones en los diferentes sitios puedan ser aceptados

Décima Segunda Semana:

- Elaborar el flujograma de ejecución del proyecto con todas sus etapas,

mencionando toda la documentación empleada. Se tuvo que definir el flujograma de procesos directos e indirectos al departamento, para poder procesar el diseño de una prueba piloto

Décima Tercera Semana:

- Verificar diagrama de interconexión de los equipos. Luego de reuniones entre el proveedor de los equipos y el cliente se llega a un boceto del diagrama de interconexión y en éste se define la ubicación en la Red de la solución ofertada.

Décima Cuarta Semana:

- Demostrar interrelación y desempeño de todos los componentes. Se definió cuales son las pruebas necesarias para verificar que los equipos se encuentran instalados correctamente y desempeñando las funciones pertinentes a cada uno de ellos.

Décima Quinta Semana:

- Listar los valores de medición del modelo. Luego de ser aprobada la ingeniería final por parte del cliente se decide utilizar el personal del departamento de ingeniería y diseño (EDD) para una evaluación exhaustiva de la documentación entregada, y se detectaron los errores que fueron más comunes y los puntos que debían tener relevancia en el modelo. Se procedió a elaborar un listado con los ítems más importantes a considerar dentro del modelo de documentación, determinando los criterios a emplear para la evaluación de dicho modelo.

Décima Sexta Semana:

- Diseñar el instrumento de medición. Una vez que se determinaron todos los criterios de evaluación del cliente para Huawei, se empezó a diseñar la lista de verificación de correcciones y se diseñó un instrumento de medición para verificar la eficacia del modelo de documentación implementado.

Décima Séptima Semana:

- Aplicar el instrumento de medición. Una vez diseñado el instrumento de medición, se llevó a cabo la implementación del mismo con el fin de comprobar el resultado obtenido para el modelo de Ingeniería de Detalle diseñado para el proyecto “Prueba Piloto de la tecnología WiMAX para CANTV”.

Décima Octava Semana:

- Generar un reporte y redacción del tomo. Se procedió a la elaboración de un reporte en base a los resultados obtenidos a través de la aplicación del instrumento de medición con base de la totalidad de los sitios a instalar para el proyecto.
- Una vez que el modelo de ingeniería y verificación formó parte de la dinámica del proyecto, se confirmó que los sitios aprobados por Huawei eran aceptados por el cliente.
- Se comenzó con la escritura del tomo.

4.3. Categorización de las tecnologías que suministran servicio de voz y datos para la banda de 3,5 GHz

Para la banda de estudio se consiguió que según el Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias, la banda de estudio de 2,5 GHz esté atribuida a las siguientes tecnologías como se indica en siguiente cuadro.

Tabla N° 5. Atribuciones de servicios en la banda de estudio [6]

BANDA	ATRIBUCIÓN UIT REGIÓN 2	ATRIBUCIÓN VENEZUELA
3.400 – 3.500 MHz	FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) Aficionados Móvil Radiolocalización 5.433 5.282 5.432	3.400 – 3.600 MHz FIJO
3.500 – 3.600 MHz	FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL salvo móvil aeronáutico Radiolocalización 5.433 5.435	

Según CONATEL, ente regulador de las telecomunicaciones en Venezuela, tiene como nota para la banda de estudio la V22, la cual dice lo siguiente: La banda de frecuencias comprendida entre 3400-3600 MHz está atribuida al servicio fijo para aplicaciones del tipo acceso fijo inalámbrico (FWA). Es decir que la banda de trabajo es la indicada para realizar la prueba. [6]

Al investigar todas las tecnologías de telefonía las cuales ofrecían entre sus servicios banda ancha inalámbrica se concluyó lo siguiente:

Tabla N° 6. Comparación de WiMAX con otras tecnologías de banda ancha inalámbricas.

Parámetro	WiMAX Modificado	WiMAX Móvil	HSPA	1x EV-DO Rev-A	WI-FI
Estándares	IEEE 802.16-2004	IEEE 802.16e-2005	3GPP Release 6	3GPP2	IEEE 802.11 a/g/n
Tasa de downlink	9.4 Mbps en 3.5 MHz con tasa TDD 3:1 DL a UL; 6.1 Mbps con 1:1	46 Mbps con tasa TDD 3:1 DL a UL 32 Mbps con 1:1	14.4Mbps usando los 15 códigos; 7.2 Mbps con 10 códigos.	3.1Mbps; Rev B soportará 4.9Mbps	54 Mbps compartido usando 802.11 a/g; mas que la capa 2 de pico de 100 Mbps usando 802.11n
Tasa de uplink	3.3 Mbps en 3.5 MHz con tasa 3:1 DL a UL; 6.5 Mbps con 1:1	7 Mbps en 10 MHz usando una tasa 3:1 DL a UL; 4 Mbps usando 1:1	1.4 Mbps inicialmente; 5.8 Mbps luego.	1.8 Mbps	
Ancho de Banda	3.5 MHz y 7 MHz en 3.5GHz band; 10 MHz en una banda 5.8 GHz	3.5 MHz, 7 MHz, 5 MHz, 10 MHz y 8.75 MHz inicialmente.	5 MHz	1.25 MHz	20 MHz para 802.11 a/g; 20/40 MHz para 802.11n
Modulación	QPSK, 16 QAM, 64 QAM	QPSK, 16 QAM, 64 QAM	QPSK, 16 QAM	QPSK, 8 PSK, 16 QAM	BPSK, QPSK, 16 QAM, 64 QAM
Multiplexación	TDM	TDM/OFDMA	TDM/CDMA	TD/CDMA	CSMA

Duplexación	TDD, FDD	TDD inicialmente	FDD	FDD	TDD
Frecuencia	3.5 GHz y 5.8 GHz inicialmente	2.3 GHz, 2.5 GHz y 3.5 GHz inicialmente	800 / 900 / 1800 / 1900 / 2100 MHz	800 / 900 / 1800 / 1900 MHz	2.4 GHz, 5 GHz
Cobertura (Típica)	3 – 5 millas	< 2 millas	1- 3 millas	1 – 3 millas	<100 pies (estructura interna), <1000 pies (estructura externa)
Movilidad	N / A	Media	Alta	Alta	Baja

En esta tabla se puede observar como las ventajas más importantes que la tecnología WiMAX posee una mayor velocidad de downlink y de uplink que las ofrecidas por las tecnologías de telefonía móvil, y que presenta una mayor movilidad con una cobertura superior a la que presenta Wi-Fi.

#### 4.4. Modelo de Ingeniería de Detalle

El modelo de ingeniería de detalle, se refiere a una serie de documentos desarrollados por Huawei y aprobado por el cliente para el proyecto de Prueba Piloto basada en la tecnología WiMAX para CANTV. A continuación se desglosan todos los puntos que fueron parte de las consideraciones necesarios para obtener el producto final.

##### 4.4.1 Procesos para la aprobación y puesta en servicio

Se tuvo que definir el flujograma de procesos directos e indirectos al

departamento, para poder procesar las ingenierías de detalle, dicho esquema se muestra en el anexo N° 1.

El proyecto se inicia en el Departamento de Ventas Técnicas, el cual está encargado de brindar la solución que más se adapte a las necesidades del cliente. A partir de esta solución, se genera el BOQ o Factura de Cotización que contiene la lista de equipos y accesorios ofertados para el desarrollo del proyecto, la Solicitud para la Inspección, el Diagrama de la Red y la Matriz de Responsabilidades de los Departamentos Involucrados en el proyecto, tanto por parte de Huawei como de CANTV.

Esta información se envía al Departamento de Cadena de Producción, donde el Administrador de Contrato chequea en el Soporte de Manejo de Contrato el número de contrato y la Factura de Cotización relacionada con el mismo, después de verificar estos datos, envía al Departamento de Diseño e Ingeniería (EDD) las siguientes informaciones: Factura de Cotización, Solicitud de Inspección, Diagrama de Red, Matriz de Responsabilidad y el nombre del Gerente de Proyecto.

En esta etapa comienzan las operaciones y arreglos referentes a los servicios de inspección y de ingeniería, para lo cual es necesario que el Supervisor de Líneas Inalámbricas (Wireless) de EDD revise la Factura de Cotización, el Diagrama de la Red y la Solicitud de Inspección.

Posteriormente se genera un documento que sirve como plantilla para las inspecciones posteriores (Ingeniería Preliminar e Ingeniería Final), confirmando todos los detalles y requerimientos realizados por parte de CANTV. A continuación el Supervisor de Líneas Inalámbricas de EDD establece el Esquema de Trabajo, para

determinar la distribución del equipo que realizará los procesos de inspección.

Se da inicio al proceso de Inspección y se debe contactar al cliente para que provea las fechas en que se realizarán las mismas y los permisos necesarios para que el personal de Huawei pueda acceder a los sitios pertinentes.

Si después de finalizar la inspección se determina la necesidad de conectores, cables u otros requerimientos especiales para ser fabricados en el Headquarter (Casa Matriz de Huawei ubicada en China) se genera un reporte de inspección que debe ser enviado al Departamento de Inspección para que ellos lo revisen y lo envíen al Headquarter y al Gerente de Línea de Productos, que son los encargados de la instalación de los equipos, y así empezar el proceso de manufactura.

De igual forma comienza el desarrollo del documento de ingeniería preliminar; una vez culminado el mismo debe ser aprobado por CANTV, de no ser así, se le realizan todas las modificaciones pertinentes al documento hasta cumplir con lo deseado por el cliente; luego es cargado en el servidor del Departamento y así puede iniciar el proceso de instalación.

El Departamento de Línea de Productos debe chequear los equipos recibidos del Headquarter, de existir algún problema con ellos se debe generar un Reporte de Cargo Errado (Cargo Problem) y enviarse al Departamento de Diseño e Ingeniería para que determinen la causa del mismo y envíen al Headquarter la nueva requisición de los equipos.

También deben realizar la instalación de los equipos de acuerdo con la información suministrada en el documento de ingeniería preliminar, y luego de obtener

la Acta de Aprobación del sitio (PAC) se envió al Departamento de Ingeniería y Diseño las fotografías tomadas de la instalación de los equipos Huawei, fotos de infraestructura, entre otras.

Huawei certifica la instalación haciendo un conjunto de protocolos de prueba y certificaciones de calidad, luego el cliente da una aprobación preliminar y se pone en marcha el equipo para que se ponga en servicio la red. Estas pruebas consisten en:

- Integración de la Red WiMAX a la red NGN de CANTV
- Comprobación del funcionamiento correcto de los equipos en las radio bases según el test de pruebas elaborado para el proyecto.
- Prueba de funcionamiento del sistema de monitoreo de alarmas, incluyendo alertas de humo, temperatura y humedad.
- Comprobación del funcionamiento de los equipos terminales, ya sea de conexión a la red WiMAX y del proceso de handover entre radio bases; y la provisión de servicios de banda ancha.

Por otra parte, CANTV posee un acta de aceptación propia que se emplea para certificar que el equipo fue instalado correctamente y se encuentra completamente operativo:

- Verificación de los trabajos de obras civiles, incluyendo instalaciones de las canalizaciones y fijación del equipo.
- Comprobación del cableado de tierra, energía y datos.
- Posición de los rectificadores o PDB (Power Distribution Box).
- Posición de la barra de tierra y puesta a tierra de los bastidores y todos los equipos

instalados.

- Conexión con el sistema de transmisión.
- Comprobación de la instalación de toda la tarjetería correspondiente al sitio, incluyendo energía, provisión de servicios y prueba.
- Pruebas de funcionalidad sin la presencia de suscriptores (Drive Test y pruebas para las características del funcionamiento).
- Pruebas de funcionalidad con la presencia de suscriptores (Chequeo del proceso de handover).
- Pruebas de servicio.

Adicionalmente, se somete a los equipos a una serie de pruebas que simulan fallas con el fin de verificar el sistema de reporte de las mismas en el software de gestión.

De allí se hace el cierre, con una ingeniería final que muestra cómo quedó la instalación comprobando si se instaló como se previó, si el cliente está de acuerdo con todo, da la aprobación final, se carga en el servidor del departamento la versión aprobada y se acaba el proceso.

#### 4.4.2. Documentación

La Ingeniería de Detalle está conformada por un conjunto de documentos, que se diseñaron para poder cumplir con los estrictos controles que presenta el cliente para la aprobación de las mismas. Fue necesario contemplar todos los elementos que afectaban de alguna u otra manera al proyecto, tales como infraestructura, logística de acceso e instalación, factibilidad, energía, puesta a tierra, cableado, entre otros.

Como se mencionó previamente el proceso de elaboración de la Ingeniería de Detalle comprende varias etapas incluyendo inspección o levantamiento, Ingeniería Preliminar, posteriormente a la instalación y la Ingeniería Final.

#### 4.4.2.1. Levantamiento del sitio.

Para garantizar que la información recabada en el proceso de levantamiento del sitio cumpla los requerimientos para realizar la documentación contemplada en el modelo de Ingeniería de Detalle, se recogió la siguiente información con sumo detalle para no tener la necesidad de realizar otras visitas, debido a ser un proyecto nuevo sin precedentes en Venezuela y así poder realizar la ingeniería preliminar completa. Se tenían parámetros en cuenta antes de ir a la inspección, todo esto con una finalidad de optimizar el tiempo de la visita al sitio, y así mismo asegurarse de que toda la información recabada sea pertinente y completa, estos parámetros son los siguientes:

- Datos generales: En esta sección, se incluye información logística necesaria para el traslado de los equipos a la central y la instalación de los mismos. Entre los datos incluidos se encuentra el nombre de la central, la dirección (incluyendo puntos de referencia), el tipo de estructura, la vialidad de acceso, los horarios de instalación, datos relativos a los permisos de acceso, etc. Esta información es importante para programar de manera eficiente la instalación de los equipos.
- Requerimientos para instalar el equipo: En este apartado se incluye información sobre el equipamiento existente en la sala. Así mismo se incluye información sobre las conexiones de energía y tierra del equipo a instalar.

- Resumen de cableado: Se especifica el tipo de cableado y la longitud para todas las conexiones necesarias (energía, tierra, Fibra óptica, cable IF, Metro Ethernet, etc.). Esta información es muy importante porque es enviada a la casa matriz de Huawei en China, ya que el cableado necesario para la instalación de todos los equipos Huawei adquiridos por CANTV es fabricado y enviado desde ese país.
- Fotos: Se incluyen las fotografías necesarias para que a la hora de realizar el diseño, estas cumplan con los requerimientos para la realización de la memoria fotográfica de la Ingeniería de Detalle.
- Planos y gráficos: Se levanta el plano detallado de forma manual de las salas de equipos y azoteas, para posteriormente ser digitalizado a través del software Auto CAD.

A continuación se procede a describir la documentación implementada para el desarrollo de la ingeniería de detalle.

Para la ingeniería preliminar se entregan los siguientes documentos:

- Ingeniería Preliminar.
- Anexo 1: Planos.
- Anexo 2: Memoria Fotográfica.

#### 4.4.2.2. Ingeniería Preliminar

Este documento agrupa tanto los objetivos y alcances logrados, como todas las consideraciones técnicas más importantes para la instalación de los equipos en la

evaluación de la tecnología inalámbrica WiMAX como alternativa de medio de acceso, (Ver Anexo N° 2):

Datos generales del sitio: En esta sección se encuentra información acerca del nombre del nodo, la dirección del sitio de instalación, fecha y personal asistente a la inspección, persona de contacto de la central, consideraciones para el transporte de los equipos, el nombre de la persona responsable de obtener los permisos de acceso para el levantamiento e instalación y el responsable de la solicitud de las llaves de la central.

Aspectos técnicos a considerar para la instalación: Se realiza una descripción técnica general del equipamiento a instalar en el sitio, nombra las especificaciones técnicas del equipo como son la capacidad, dimensiones, requisitos ambientales, etc.

Detalles de la instalación: Se describe la ubicación de los equipos, el equipamiento necesario de la BTS3703, del WASN9770 y del radio RTN 620; como es el acondicionamiento externo, interno, requerimientos de energía, descripción del recorrido de los cableados, sistema de puesta a tierra, recorrido del cableado óptico entre RRU y BBU, el sistema radiante y enlace de microondas, y el cableado de gestión.

#### 4.4.2.3 Planos

Éste es un documento de Auto CAD (Ver Anexo N° 3) cuyo objetivo consistente en mostrar toda la información exacta del sitio, indicando distancias, equipos, propuestas, equipos de energía, cableado y cualquier otro detalle que aparezca en la sala. Es uno de los documentos más complejo por la cantidad de información que

maneja. Hay que destacar que para desarrollar este archivo se creó todo el proceso para la estandarización del mismo, el código de colores, de leyendas, una librería compuesta con todos los elementos y huellas que se fueran a utilizar en los planos. Para el mismo también se dividió en vistas de interés las cuales se muestran a continuación:

- Planta General: En esta vista los detalles de la planta general, como por ejemplo detalles de la azotea y la sala de equipos
- Sala de equipos: Aquí se pueden observar los detalles de la sala de equipos, ya sean recorridos de los cableados necesarios, y ubicación de los mismos
- Azotea: Se observa en detalle toda la azotea, ubicación de los equipos y recorrido del cableado
- Detalle de RF: En esta vista se ve con más detalles el equipamiento, orientación y ubicación de los equipos de RF, ya sean las antenas para dar cobertura a los diferentes sectores, el enlace de microondas y la antena GPS.

#### 4.4.2.4. Memoria Fotográfica

La memoria fotográfica es un documento (Ver Anexo N° 4) el cual consiste en una secuencia de fotografías de manera ordenada y detallada, que permiten aportar información visual de la sala a los evaluadores del proyecto, para reforzar la información de los otros instrumentos que forman parte de la ingeniería. Permite dar un alto nivel de detalle sin la necesidad de que el cliente se dirija a la sala para entender la

situación. Más que todo está orientado a la parte de infraestructura. Se creó todo un estándar para la elaboración de la misma, que se presenta a continuación:

Las fotos que conforman esta memoria deben ser explícitas, no pueden ser tomadas a contraluz, en caso que se requiera indicar algo en la foto deben ser editadas con cuadros o flechas que indiquen el punto de interés, el título debe ser claro, no se deben deformar ni en tamaño ni en resolución las fotografías. Las fotos de exteriores no pueden ser tomadas de noche.

#### 4.4.2.5. Ingeniería Final

En el caso de la Ingeniería Final, ésta comprende de la documentación entregada luego de la instalación de los equipos, con toda la información sobre la misma que se requiere para la base de datos de las centrales de CANTV. Dicha documentación es estructurada de igual manera que la Ingeniería Preliminar, sin embargo la información presentada es definitiva y refleja todos los detalles de los procesos asociados a la instalación del equipamiento. Después de la aprobación de la documentación de la Ingeniería Final, se procede al cierre del nodo a través de la entrega de un acta de aceptación por parte de CANTV.

Como se mencionó previamente los cambios son reflejados en los documentos incluidos como anexos, mientras que la información de los apéndices permanece igual. El documento de Ingeniería Final entregado contiene información similar al documento de ingeniería preliminar, no obstante, si hubo algún cambio para algún renglón durante la instalación, éste debe ser especificado.

#### 4.5. Diagrama de interconexión de los equipos

Luego de reuniones entre el proveedor y el cliente, se llegó a un diagrama definitivo, en ella se ubican todos los equipos y la integración de la red basada en la tecnología WiMAX a la Red NGN de CANTV. En la figura N° 22 se observa el diagrama mencionado

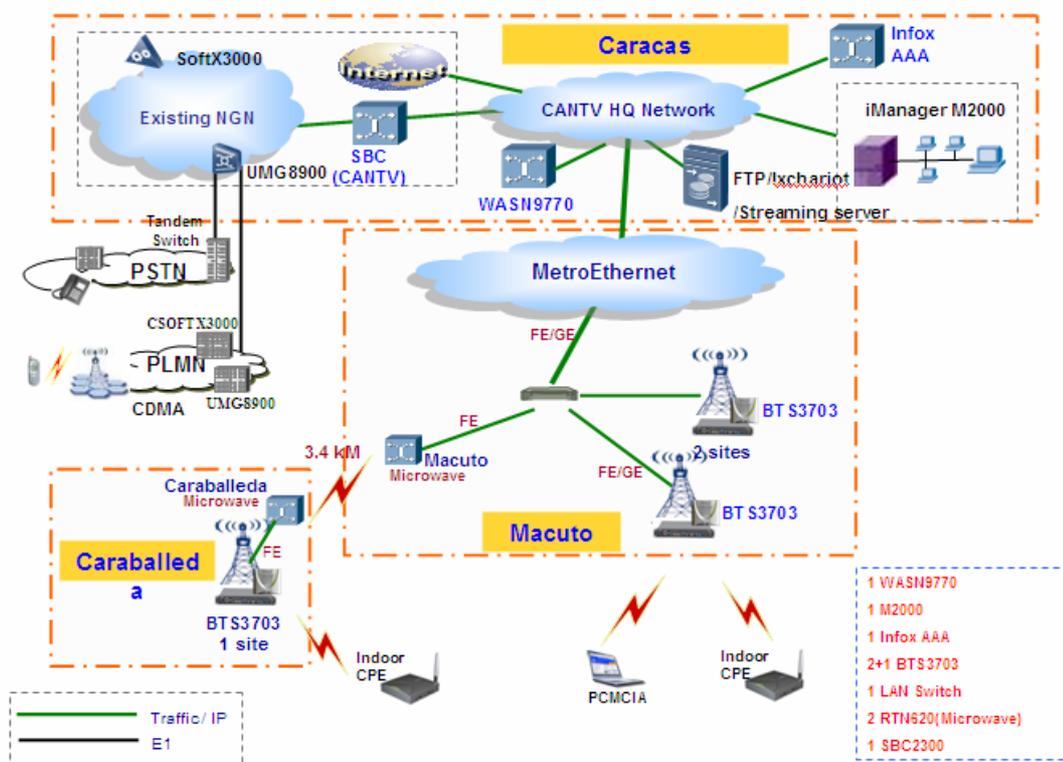


Figura N° 22. Diagrama de interconexión de los equipos [Huawei]

#### 4.6. Protocolo de Pruebas de Aceptación para WiMAX.

En general, la prueba de WiMAX puede subdividirse en Prueba en Laboratorio y Prueba en Campo. En el laboratorio, nos concentramos en las funciones

del servicio, la solución QoS del sistema, la gestión de recursos inalámbricos, etc. En el campo se pondrán a prueba la cobertura, throughput y la movilidad. Hemos diseñado los contenidos de la prueba para CANTV según los requerimientos del mismo.

Las pruebas más importantes de la red WiMAX son las siguientes:

Tabla N° 7. Pruebas de la Red WiMAX

Escenario de la prueba	Comentarios
<b>Función de la red RF</b>	
Tipos de servicios de entrega de datos	La red WiMAX 802.16e puede proveer cinco tipos de servicios de entrega de datos según el servicio correspondiente de programación de interfaz aérea.
Función IP	El host obtiene la dirección IP; El sistema soporta el relay del servicio VPN.
<b>Servicio</b>	
QoS del Servicio de Streaming	El sistema soporta los servicios de streaming.
QoS del servicio VoIP	El sistema soporta el servicio VoIP.
Servicio de datos	El sistema soporta los servicios de datos y los servicios mixtos.
<b>QoS</b>	
Uso compartido de ancho de banda en diversas MS con la misma prioridad	Los flujos del servicio que poseen la misma prioridad comparten el ancho de banda del sistema.
Prioridades para diversos tipos de flujo del servicio	Diversos tipos de flujo del servicio posee diversas prioridades: UGS>rtPS>rtPS>nrtPS>BE

Restricción y garantía de ancho de banda	Según los parámetros de QoS configurados, el sistema restringe el ancho de banda máximo y garantiza el ancho de banda mínimo.
<b>Gestión de recursos de radio</b>	
Handover	Si el usuario móvil se traslada a una BS nuevo, el servicio no debe ser interrumpido.
Control de potencia	El equipo ajusta el nivel de potencia en forma automática
AMC	Soporte de codificación y modulación adaptativa en dirección uplink y downlink.
<b>Throughput y capacidad</b>	
Throughput de una sola MS	
Throughput de una sola BS	
Capacidad de una sola MS	La prueba hace énfasis en la cantidad de servicios específicos de una sola MS.
<b>Handover</b>	
Handover entre las BS internas de una BTS	
Handover entre diversas BTS	
<b>Cobertura</b>	
Prueba de cobertura en puntos fijos	En el campo de cobertura se pone a prueba la calidad de la señal y el servicio en algunos puntos determinados. Entre los puntos más típicos se encuentran los LOS, NLOS etc.
Prueba de cobertura en condiciones de movilidad	En el campo de cobertura se registra la calidad de la señal de la MS y la calidad del servicio del host en movimiento continuo.

<b>Throughput</b>	
Prueba de throughput Test en puntos fijos	Throughput de lugares fijos, entre ellos los LOS, proximidades de los LOS, NLOS, etc.
Prueba de throughput en condiciones de movilidad	Movimiento a lo largo de la ruta, pasando por puntos típicos

#### 4.6.1. Prueba de WiMAX VoIP

Durante esta prueba, se establece la topología de red que se muestra en la figura N° 23, y también se prueban los servicios VoIP entre el sistema WiMAX y otras redes:

- A: llamada entre WiMAX y la red móvil o CDMA; (el flujo de datos VoIP fue representado con la línea amarilla “A”, y el proceso de señalización fue representado con la línea azul “a”).
- B: llamada entre WiMAX y NGN
- C: llamada entre WiMAX y PSTN
- Llamadas VoIP dentro de WiMAX.

En lo que respecta a los servicios VoIP, la QoS siempre es objeto de atención. Por lo tanto, cuando se provee el servicio VoIP a través del sistema WiMAX, la Calidad de Voz, Tiempo de Establecimiento de Llamada, etc., también debe ser objeto de nuestra atención.

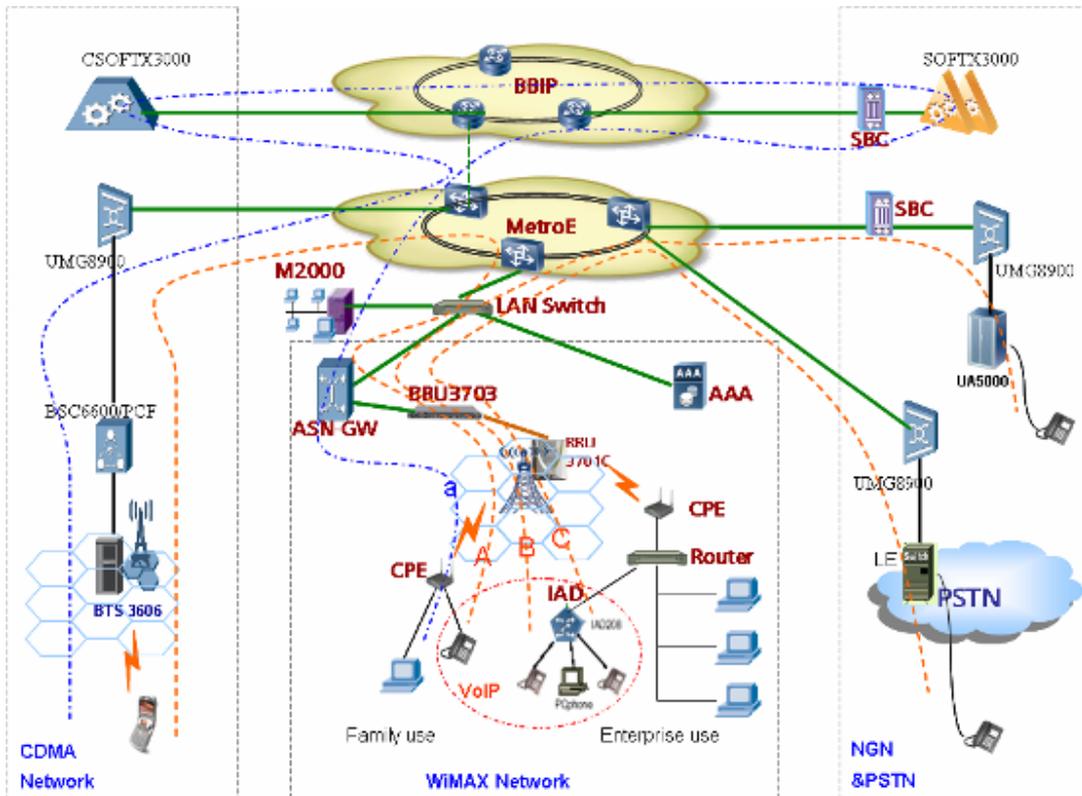


Figura N° 23. Flujo de datos y señalización para VoIP. [Huawei]

Tabla N° 8. Pruebas del servicio VoIP en la Red WiMAX

Prueba	Contenido de la prueba
Prueba de interoperabilidad	Se prueba la realización de llamadas VoIP dentro del sistema WiMAX y entre este último y la red NGN/PSTN.
Prueba de QoS	Para la prueba de uso residencial, nos concentraremos en la calidad de la voz de la llamada VoIP, como así también en el Tiempo de Establecimiento de Llamadas, Tasa de Pérdida de Llamadas, etc.
Prueba de capacidad	Para la prueba de uso comercial, prestamos atención a cuántas llamadas VoIP pueden ser soportadas por un terminal y cuánto ancho de banda será ocupado por dichas llamadas.

El servicio VoIP de WiMAX será puesto a prueba en la solución extremo a

extremo. Algunos instrumentos y programas de software soportan la prueba de QoS de VoIP, tales como el Abacus5000 (instrumento de prueba fabricado por Spirent), el Ixchariot (software de prueba fabricado por IXIA), etc. Durante la prueba, el Ixchariot es ejecutado en las PC conectadas con los CPE de WiMAX. Los paquetes de voz VoIP codificados de la simulación se envían a la consola, son recibidos y analizados en el extremo, se obtiene el MOS, jitter, retardo de extremo a extremo de la voz, y se registra el valor correspondiente.

Por medio de la prueba VoIP se puede evaluar la calidad del servicio VoIP de WiMAX y también es posible observar las ventajas de ofrecer los servicios VoIP a través del sistema WiMAX.

#### 4.6.2. Prueba del servicio de datos de WiMAX

En el caso de los servicios de datos, las aplicaciones más populares son las búsquedas en Internet, descargas FTP y VOD de medios streaming. Por lo tanto, en la red WiMAX, la prueba se concentra en estas aplicaciones presentadas en la siguiente tabla.

Tabla N° 9. Pruebas del servicio de datos en la Red WiMAX

Pruebas	Contenido de la prueba
Búsquedas en Internet	Se ponen a prueba el throughput y el tiempo de respuesta cuando el usuario realiza búsquedas en Internet.
Descargas FTP	Se verifica la estabilidad de la transferencia al descargar archivos pesados (por ejemplo, de más de 1GB). También se deben poner a prueba las descargas realizadas por medio de la técnica de multithreading.

VOD de los medios streaming	Se pone a prueba la prioridad de los servicios prestados en tiempo real, se verifica que se pueda ofrecer suficiente ancho de banda para los medios streaming de alta velocidad de bits, y se evalúa la calidad de la reproducción de videos.
VPN	Los usuarios corporativos pueden acceder a la Intranet a través de GRE VPN. Los usuarios de una misma VPN pueden obtener acceso entre sí a través de GRE VPN, pero los usuarios de diversos GRE VPN no pueden obtener acceso entre sí.

Para la prueba de los servicios de datos, estableceremos una red de prueba como se detalla en la figura a continuación:

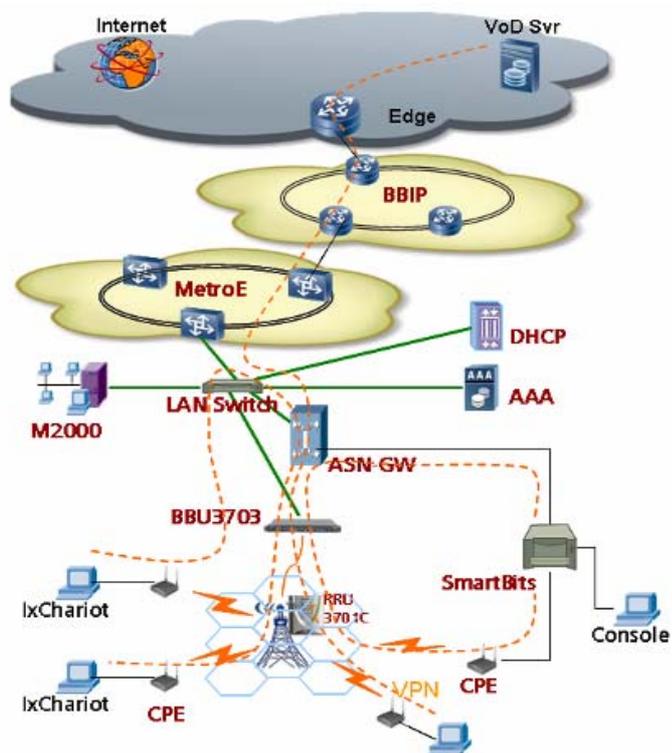


Figura N° 24. Flujo de datos para la prueba de servicios de datos [Huawei]

Durante la prueba, se conecta un instrumento de prueba de SmartBits al

terminal de WiMAX, que envía el flujo de datos de conformidad con las configuraciones de fluctuación y recibirá los datos loopback. Al finalizar el proceso de comparación y análisis, registrará la información relativa al throughput, PER, retardo y jitter.

Para la prueba de medios streaming media se utilizará el software Ixchariot, que se ejecuta en las PC conectadas a los CPE de WiMAX. Este software envía los paquetes de medios streaming de la simulación a la consola. Estos paquetes son recibidos y analizados en el extremo, donde se obtiene el MOS, jitter, retardo de extremo a extremo, y se registra el valor correspondiente.

Se puede establecer un servicio VOD real y observar que no haya efecto mosaico, interrupciones, ni pérdida de sincronización entre video y audio durante la reproducción.

#### 4.6.3. Prueba de operación y mantenimiento de WiMAX

En la red WiMAX de Huawei, el sistema M2000 posee un servidor y varias terminales de PC para realizar la operación y mantenimiento de todos los elementos de red. El sistema M2000 de Huawei está compuesto por tres significativos subsistemas: configuración, rendimiento y alarmas. Las BTS de WiMAX y los ASN-GW comparten el uso del servidor M2000.

Tabla N° 10. Prueba de operación y mantenimiento

Pruebas	Contenido de la prueba
Subsistema de configuración	Configuración de los elementos de red, consultas, gestión de recursos, sincronización y exportación de datos de configuración, etc.

Subsistema de rendimiento	Índice de rendimiento y gestión de objetos, mediciones en tiempo real, monitoreo en tiempo real, gestión de datos, alarmas de rendimiento, índices configurados por los usuarios, etc.
Subsistema de alarmas	Gestión de alarmas en tiempo real. Consultas de alarmas y estadísticas. Confirmación de alarmas. Definición de clases de alarmas, etc.

#### 4.6.4. Prueba de la plataforma AAA de WiMAX

La solución infoX-AAA cumple con la norma NWG y ofrece a los usuarios de WiMAX las funciones de autenticación, autorización y facturación. InfoX AAA puede cooperar con el ASN-GW para realizar la función de autenticación y facturación. Cuando el usuario desea entrar a Internet, el ASN-GW y AAA realizarán el proceso de autenticación. Si se trata de un usuario legal, el ASN-GW y AAA permitirán que el usuario en cuestión se conecte a Internet y realizarán el proceso de facturación (Figura N° 25). De lo contrario, el sistema no permitirá que el usuario en cuestión se comunique con Internet. Este equipo es perteneciente al cliente y no lo provee Huawei.

La función de facturación de WiMAX se realiza en el ASN-GW y en infoX-AAA, los cuales cooperan para ofrecer soporte de servicios de acceso a Internet, que incluyen el modo Prepago y el Postpago.

Esta prueba incluye la gestión del sistema y la validación de la facturación del servicio.

Tabla N° 11. Pruebas de la plataforma AAA.

Pruebas	Contenido de la prueba
Gestión de operadores y derechos	Gestión de operadores, contraseñas y logs.

Gestión del sistema	Configuración del servicio, dirección IP pooling, personalización de atributo Radius, etc.
Gestión de cuentas	Gestión de políticas de cuentas, generación de CDR para servicios postpagos, registros de facturación para servicios prepagos
Gestión de servicios	Definición y gestión de servicios de acceso a Internet
Prueba del modo prepago	Realización de prueba de modo prepago con los servicios de acceso a Internet de WiMAX
Prueba del modo postpago	Realización de prueba de modo postpago con diversos servicios de Internet de WiMAX

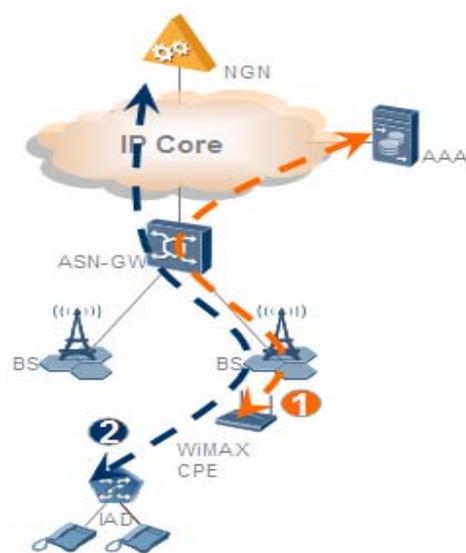


Figura N° 25. Flujo de Datos y Señalización para Autenticación y Facturación  
[Huawei]

#### 4.6.5. Prueba de cobertura de WiMAX

Para probar la cobertura se realizan los siguientes ensayos.

Tabla N° 12. Pruebas de cobertura.

Pruebas	Contenidos de la prueba
Prueba de cobertura	<p>En el campo de cobertura, se observa la calidad de la señal inalámbrica y la QoS del servicio en algunos puntos seleccionados, entre ellos, los LOS, NLOS, etc.</p> <p>De conformidad con los registros de la prueba, se analiza la capacidad de cobertura durante la provisión del servicio de una MS dentro de un único sector con el MCS típico.</p>
Prueba de capacidad	<p>Prueba del throughput máximo de una MS en puntos fijos, entre ellos, los LOS y NLOS. De conformidad con los datos de la prueba, se analiza la capacidad de una sola MS en LOS y NLOS situados en exteriores, a diversas alturas y en el borde de la celda.</p>

#### 4.6.6. Prueba de movilidad de WiMAX

Como característica de WiMAX, la movilidad se prueba de la siguiente forma:

Tabla N° 13. Pruebas de Movilidad

Pruebas	Contenido de la prueba
Prueba de movilidad	<p>En el campo de cobertura, se registra la calidad de la señal, throughput y calidad del servicio de la MS (Host) cuando ésta se encuentra en movimiento. Se analiza la capacidad de una sola MS que provee servicios en movimiento en forma continua a diversas velocidades.</p>
Handover	<p>De conformidad con los registros de la prueba, se analiza la implementación de handover entre las BS Intra-BTS e Inter-BTS.</p> <p>Handover de Intra-frecuencia sin servicio en una BTS;</p> <p>Handover de Intra-frecuencia con servicio en una BTS;</p> <p>Handover de Intra-frecuencia sin servicio entre varias BTS;</p> <p>Handover de Intra-frecuencia con servicio entre varias BTS.</p>

#### 4.7. Instrumento de evaluación cuantitativa para el modelo de documentación.

La evaluación de la utilidad del modelo de documentación de Ingeniería de Detalle correspondiente al diseño de la Prueba Piloto de la tecnología WiMAX, se realizó mediante el diseño de un instrumento que cuantifica el grado de éxito en la instalación de cada uno de los equipos de la Red WiMAX. Esta fue realizada en toda la nueva Red instalada tanto en el litoral central como en la Sede del cliente en Caracas.

El instrumento utilizado para realizar la evaluación, consiste en una ficha de evaluación realizada al grupo de instaladores involucrados en el proyecto, con el objeto de verificar si mediante el empleo de la información contenida en la Ingeniería Preliminar, la instalación se realizó a su cabalidad cumpliendo con todos los estándares establecidos por el cliente.

El instrumento de medición diseñado sólo evalúa la documentación asociada a la Ingeniería Preliminar. Esto se debe a que la documentación de la Ingeniería Final es un registro con información de los equipos instalados para la base de datos de CANTV, pero no tiene impacto sobre la instalación de los equipos, ya que se efectúa de manera posterior. Además, se considera que al momento de realizar dicha documentación deben ser realizadas todas las correcciones que puedan surgir en la Ingeniería Preliminar. Adicionalmente, la evaluación de la documentación perteneciente a la Ingeniería Final se debería realizar forzosamente con la cooperación de CANTV, para verificar que la información otorgada para la operación y mantenimiento de los equipos fue verdaderamente efectiva, por lo que en este sentido se limita el alcance del trabajo de la empresa Huawei.

Se diseñó un modelo de evaluación para el documento (Ver Anexo N° 5) en el

que se incluyeron preguntas relacionadas con el proceso de inspección e instalación del equipamiento. Con base en reuniones sostenidas con personal del Departamento de Ingeniería y Diseño, se discutió la importancia de cada uno de los aspectos incluidos en el instrumento de medición, con el fin de asignarle una puntuación a cada pregunta en la ficha de evaluación según su relevancia en los siguientes aspectos: 1) impacto en la calidad de la instalación 2) impacto en el tiempo de ejecución de la instalación y 3) impacto en el cumplimiento de las exigencias de CANTV. El grado de éxito de una instalación viene determinado por la puntuación total obtenida en la evaluación (siendo 100 la máxima puntuación).

## CAPÍTULO V

### ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Como parte de los resultados en el anexo N° 6 se muestra la memoria fotográfica luego de la instalación perteneciente al sitio de Caraballeda, en ella se puede observar las ubicaciones de los equipos, canalizaciones del cableado instalado y todos los resultados de la implementación en esta celda, todo esto con el fin de poder ser comparado con el documento de ingeniería preliminar. En esta memoria fotográfica se observa con más detalle que la instalación se llevó a cabo siguiendo con el documento antes mencionado.

Para la valoración de la instalación se realizó una ficha de evaluación como es mencionado en el apartado 3.7, ésta consta de 7 secciones de las cuales algunas se desglosan en distintos aspectos, llegando a un valor máximo de la ficha de cien por ciento (100%). Cada sección tiene una ponderación de cien por ciento (100%) que según la importancia de cada una se promediaron para llegar al total máximo. Con cada una de las preguntas se busca responder si la información que estaba en la ingeniería preliminar era la correcta.

En el siguiente cuadro se presenta una tabla de las puntuaciones obtenidas al aplicar el instrumento de medición en Macuto y Caraballeda, seguidamente se encuentra la tabla de puntuaciones para la central de CANTV Caracas:

Tabla N° 14. Resultados de la Ficha de Evaluación.

ASPECTOS EVALUADOS	Macuto	Caraballeda	CNT Caracas
OBJETIVO	100%	100%	100%
ALCANCE	100%	100%	100%
DATOS GENERALES DE LA CENTRAL			
Nombre	100%	100%	100%
Dirección	100%	100%	100%
Personal asistente a la inspección	100%	100%	100%
Persona contacto de la central	100%	100%	100%
Consideraciones para el traslado y transporte de equipos a instalar	100%	100%	100%
Responsable de la requisición de permisos de acceso	100%	100%	100%
Responsable de la solicitud de llaves de la central	100%	100%	100%
DETALLES DE LA INSTALACIÓN			
Ubicación de los equipos	100%	100%	100%
Equipamiento de la BTS3703	100%	100%	N/A
Equipamiento del Radio OptiX RTN620	100%	100%	N/A
Equipamiento del Core	N/A	N/A	100%
Acondicionamiento Interno	100%	100%	100%
Acondicionamiento Externo	100%	100%	100%
Requerimientos de Energía	100%	100%	100%
Descripción del recorrido del cableado de energía	100%	100%	100%

Sistema puesta a tierra	100%	100%	100%
Cableado Óptico entre BBU y RRU	100%	100%	N/A
Sistema Radiante y Enlace de Microondas	100%	100%	N/A
Cableado UTP	N/A	N/A	100%
Gestión	100%	100%	100%
PLANO	100%	100%	100%
MEMORIA FOTOGRAFICA	100%	100%	100%
TOPOLOGÍA DE LA RED	100%	100%	100%
TOTAL	100%	100%	100%

Como se puede observar en la tabla anterior, la información acerca de todos los aspectos presentes en las ingenierías preliminares de las dos celdas, fue la correcta suficiente para la logística y correcta para los demás puntos. Por lo que refleja que en el planteamiento de la logística para el acceso al sitio de todos los materiales y equipos a instalar, se tomaran ciertas previsiones basadas en el aprendizaje obtenido a partir de proyectos anteriores similares. Por otra parte, al analizar los resultados de la información presente en los detalles de instalación, el plano, la memoria fotográfica y la topología de la Red se concluye que fue la correcta y de gran ayuda para la ubicación de los equipos, también se notó la disminución en los tiempos de instalación de los equipos, esto comparado con los tiempos de instalación de proyectos similares, al no tener precedentes de instalación de Redes WiMAX.

Seguidamente, se presenta una tabla que muestra la planificación de todas las propuestas realizadas para el proyecto, con los porcentajes de completación de las diferentes etapas que presenta el mismo.

Tabla N° 15. Planificación del diseño de la Plataforma Piloto

Nombre de la Estación	Inspección	Manufactura	Ingeniería Preliminar	Instalación	Acta de Aceptación Provisional	Integración	Acta de Aceptación Final	Ingeniería Final	TOTAL
Macuto	100%	100%	100%	100%	100%	40%	0%	0%	67,5%
Caraballeda I	100%	100%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	37,5%
Caraballeda II	100%	100%	100%	100%	100%	40%	0%	0%	67,5%
CNT Caracas	100%	100%	100%	100%	100%	40%	0%	0%	67,5%

Como es de notar, para la celda de Caraballeda fueron realizadas dos propuestas de ingeniería de detalle. La primera consistía en la ubicación de las antenas y los RRU en la torre presente en la azotea, por ser la principal opción para poder brindar una mayor cobertura y mejor señal, pero por decisión del dueño del sitio fue rechazada, esto debido a que esta torre presentaba problemas de sobrecarga al realizarle el estudio pertinente, por lo que no era posible la instalación de todos esos equipos. Por esto fue realizada una segunda propuesta, la cual fue aceptada y constaba de la instalación de tres mástiles (uno para cada sector) ubicados en la azotea. La propuesta para el enlace de microondas no fue modificada del originalmente planteado (un mástil para la instalación de la antena microondas).

También se puede observar, que el cronograma del proyecto no ha sido cumplido, restando sólo parte de la integración, la ingeniería final y el acta de aceptación de cada sitio, esto ya que al momento de la finalización de la pasantía sólo se ha completado lo que es presentado en la planificación. Para la etapa de integración

se nota un progreso, este avance viene dado porque ya es del conocimiento de Huawei todo el protocolo de pruebas para verificar la integración de la Red, como se describen en la sección 3.6.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego de realizar todas las fases de este proyecto para cumplir con cada uno de los objetivos planteados, se puede concluir lo siguiente:

➤ Luego de investigar las tecnologías de acceso de banda ancha inalámbrica con el fin de notar las ventajas y desventajas que puede aportar este tipo de solución a localidades que sean de difícil acceso, se puede concluir que WiMAX presenta mayor velocidades de downlink y uplink, además de la movilidad..

➤ El documento de Ingeniería de Detalle para este tipo de tecnología, servirá de base para futuros proyectos de mayor envergadura o de ser obtenida esta licitación para una ampliación, marcando como precedente en la realización de este tipo de documentos con el conocimiento de los requerimientos del cliente, en este caso de CANTV. También se logró la estandarización de procesos y documentos para la instalación de una Red basada en WiMAX.

➤ Se determinaron todas las pruebas necesarias, así como el funcionamiento de todos los componentes de la Red para obtener la aceptación por parte de CANTV y luego su futura puesta en marcha y se validó la aplicación del modelo de Ingeniería con una ficha de evaluación, lo cual contribuyó a bajar los tiempos de instalación y traslado de los equipos, en comparación con instalaciones de redes similares.

➤ Se pudo constatar que la tecnología WiMAX es de fácil implementación para un gran número de usuarios y en caso que se presentase una catástrofe natural como la ocurrida en el año 1999, se vería afectado un porcentaje bajo de las instalaciones del cliente y de fácil recuperación de la red de usuarios.

A continuación se presentan una serie de recomendaciones que surgieron con la realización de este proyecto:

- Realizar la inspección a los sitios con el respectivo dueño, así de esta manera poder conocer todas las restricciones de la celda a la hora de realizar el diseño para el documento de la ingeniería preliminar, ahorrando los tiempos de elaboración de Ingeniería de Detalle.

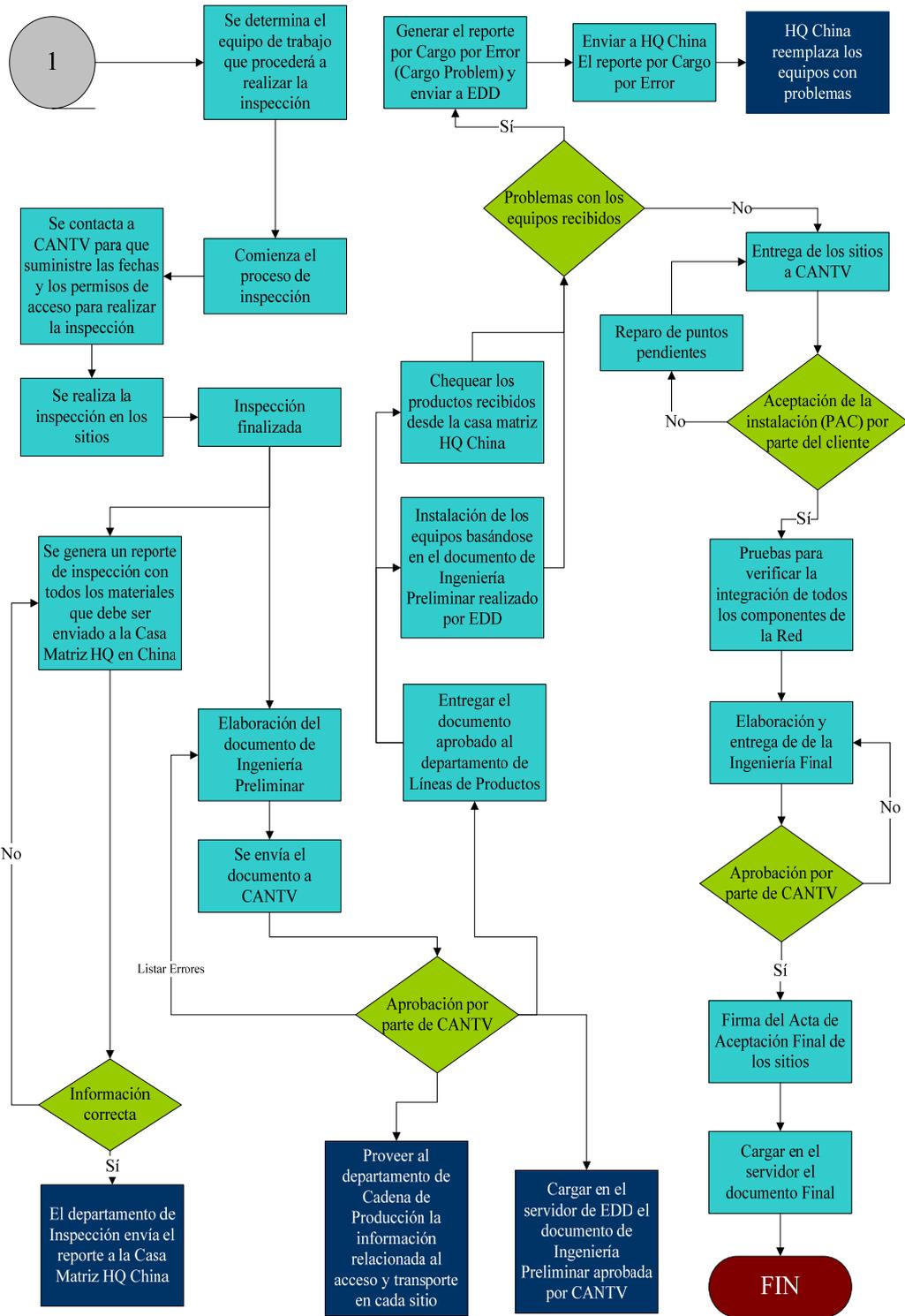
- Utilizar el modelo de Ingeniería Preliminar siempre y cuando el sitio no haya sido modificado luego de realizada la inspección, por ello, la validez del documento dependerá de su utilización el menor tiempo posible.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Compañía Anónima Nacional de Teléfonos de Venezuela.  
<<http://www.cantv.com.ve/>>
- [2] Huawei Technologies Co., Ltd. <<http://www.huawei.com/es/catalog.do?id=343>>.
- [3] Silva Aristeguieta, Alberto. “Gerencia de Proyectos III”. Universidad Metropolitana. Epsilon Libros. 2007
- [4] Peña, Carlos. “Redes Inalámbricas de Área Metropolitana IEEE802.16/WIMAX”. CEDITEL-CONATEL, pp 10-29.
- [5] Manuales equipos BTS3703, WASN9770, M2000, Optix RTN 620. Disponible en:  
<<http://support.huawei.com>> (Uso exclusivo y confidencial de Huawei).
- [6] Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias. Disponible en:  
<<http://www.conatel.gov.ve/>>
- [7] Andrews, Jeffrey ; Ghosh, Arunabha ; Muhamed, Rias ; “Fundamentals of WiMAX”. Prentice Hall. New Jersey. 2007

**ANEXOS.**





ANEXO N° 2. INGENIERÍA PRELIMINAR WIMAX MACUTO.

 mueve la fibra nacional	Gerencia de planificación de Redes y Sistemas
	<b>INGENIERÍA PRELIMINAR</b>



HUAWEI

HUAWEI TECHNOLOGIES DE VENEZUELA S.A

**PROYECTO**

Proyecto Prueba de la tecnología WIMAX

Central Macuto, Edo. Vargas

**ENERO, 2008**

Elaborado por: Carlos Giuliano (Huawei) Revisado por: Ing. Mairhely Riera (Huawei) Aprobado por: Ing. Jose Medina (Huawei)	Elaborado por: (CANTV) Revisado por: (CANTV)
--	---

	<b>INGENIERÍA PRELIMINAR CENTRAL MACUTO</b>	Código: s/c Rev.1
		Fecha: 25-01-08
<b>PROYECTO PRUEBA DE LA TECNOLOGÍA Wimax</b>		Página 2 de 14

## CONTENIDO

<b>1 OBJETIVO</b> .....	<b>3</b>
<b>2 ALCANCE</b> .....	<b>3</b>
<b>3 DATOS GENERALES DE LA CENTRAL</b> .....	<b>5</b>
3.1 Nombre.....	5
3.2 Dirección.....	5
3.3 Personal asistente a la inspección.....	6
3.4 Persona contacto de la central .....	6
3.5 Consideraciones para el traslado y transporte de equipos a instalar.....	6
3.6 Responsable de la requisición de permisos de acceso.....	6
3.7 Responsable de la solicitud de llaves de la central.....	7
<b>4 DETALLES DE LA INSTALACIÓN</b> .....	<b>7</b>
4.1 Ubicación de los equipos .....	7
4.1.1 Equipamiento de la BTS Modelo 3703 .....	8
4.1.2 Equipamiento del radio OptX RTN620 .....	10
4.2 Acondicionamiento interno.....	10
4.3 Acondicionamiento externo .....	11
4.3.1 Requerimientos de energía .....	11
4.3.1.1 Descripción del recorrido de cableado .....	12
4.3.2 Sistema puesta a tierra.....	12
4.4 Cableado Óptico entre RRUs y BBUs .....	13
4.5 Sistema Radiante y enlace Microondas.....	13
4.6 Gestión .....	14

[ANEXO I. PLANO DE MACUTO](#)

[ANEXO II. MEMORIA FOTOGRÁFICA](#)

[APÉNDICE I. TOPOLOGÍA DE LA RED](#)

Elaborado por: Carlos Guilleno (Huswei) Revisado por: Ing. Melinealy Riera (Huswei) Aprobado por: Ing. Jose Medina (Huswei)	Elaborado por: (CANTV) Revisado por: (CANTV)
---	---

	<b>INGENIERÍA PRELIMINAR CENTRAL MACUTO</b>	Código: s/c Rev. 1
		Fecha: 25-01-08
<b>PROYECTO PRUEBA DE LA TECNOLOGIA Wimax</b>		Página 3 de 14

## INTRODUCCIÓN

El presente documento describe el equipamiento y trabajos de adecuación realizados para la instalación de los equipos de acceso y transmisión, BTS 3703 (BBU y RRU) y un Radio modelo RTN620 en la Central de Macuto, perteneciente a la empresa CANTV, de acuerdo los parámetros establecidos en el proyecto de Prueba de la tecnología WIMAX, como parte de la solución de Telefonía fija Inalámbrica.

### 1 OBJETIVO

Establecer las premisas y consideraciones técnicas más importantes para la instalación de los equipos para evaluar la tecnología inalámbrica WIMAX como alternativa de medio de acceso, para brindar servicios de voz, datos e Internet a clientes residenciales, empresariales y entes públicos dadas las condiciones de tráfico existentes.

### 2 ALCANCE

El alcance establece las consideraciones en cuanto a equipamiento y servicio de instalación de la BTS 3703 (BBU y RRU) y un Radio modelo RTN620 (IDU620 y ODU620) en la Central CANTV de Macuto. El equipamiento de esta estación incluye lo siguiente:

Elaborado por: Carlos Giuliano (Huawei) Revisado por: Ing. Mairively Riera (Huawei) Aprobado por: Ing. Jose Medina (Huawei)	Elaborado por: (CANTV) Revisado por: (CANTV)
---	---

	<b>INGENIERÍA PRELIMINAR CENTRAL MACUTO</b>	Código: s/c Rev. 1
		Fecha: 25-01-08
<b>PROYECTO PRUEBA DE LA TECNOLOGIA Wimax</b>		Página 4 de 14

Equipamiento Hardware	Cantidad	Descripción	Observaciones
1. BTS 3703	2	BTS 3703 (3 RRU/2 BBU)	(2) BBU3703: 3 Carriers baseband Unit (3) RRU3701C 1 Carrier Outdoor Radio Unit (6) Optical Transceiver ( eSFP-850nm-2.125G-2.5dBm-9.5dBm-17dBm-LC-0.5km) (1) BTS3703 Installation Cable & Optical Fiber (1) BTS3703 Installation Suite (1) BTS3703 Delivery Accessory (60 m) Fibra Óptica DLC Conectors, Multi Mode 200mm. (1) GPS Antenna and Feeders - BTS (1) GPS Interface Transform Cable ( From N /Female to SMA/Male) <u>(1) 5111 10 Mhz Channel bandwidth.</u>
2. Antena&Feeder	1	3 antenas y 6 jumpers	(90 m) Feeder(Jumper)-1/2" m (36) Feeder Clamp For Triple Cable-1/2-Inch (3) Directional Antenna-3400~3800MHz-17dB-65deg-dual polarization-2deg-with bracket-N Female

Tabla N°1. Tabla de equipamiento del Nodo Wimax en Macuto

En cuanto a los servicios de instalación de la BTS 3703 y Radio RTN 620 se tiene lo siguiente:

- Instalación de IDU620 en rack existente de 19" (Sala de transmisión CANTV).
- Tendido y conexión del cableado de energía desde el PDB #1 (Sala transmisión CANTV) hasta el radio IDU620.
- Instalación de dos equipos BBU en rack existente de 19" (Sala transmisión CANTV).
- Tendido y conexión del cableado de energía desde el PDB #1 (Sala de transmisión CANTV piso 2) hasta cada equipo BBU.
- Conexión y tendido de cableado FE desde equipo IDU620 hasta equipo Metro Ethernet (ambos ubicados en Sala de transmisión CANTV).
- Instalación de tres (3) unidades RRU en tres (3) mástiles nuevos en la azotea. (Altura de cada RRU en cada mástil, 2 m)

Elaborado por: Carlos Giuliano (Huawei) Revisado por: Ing. Mainehy Riera (Huawei) Aprobado por: Ing. Jose Medina (Huawei)	Elaborado por: (CANTV) Revisado por: (CANTV)
---	---

	<b>INGENIERÍA PRELIMINAR CENTRAL MACUTO</b>	Código: s/c Rev. 1
		Fecha: 25-01-08
<b>PROYECTO PRUEBA DE LA TECNOLOGIA Wimax</b>		Página 5 de 14

- Tendido y conexión del cableado de energía desde el equipo PDB #1 ubicado en la sala de transmisión de Cantv hasta equipos RRU ubicado en la azotea.
- Conexión y tendido de fibra óptica desde dos RRU (RRUs correspondientes a dos sectores) hacia el primer BBU; y desde la tercera RRU (correspondiente al restante sector) hacia segundo BBU. (esto para pruebas de Handover)
- Instalación de 3 antenas para Wimax (una para cada sector) en soporte tipo brazo en mástiles nuevos. (Altura propuesta de las antenas en mástiles 5 m)
- Instalación de 2 jumpers (Cable coaxial de 1/2") para cada sector
- Instalación de una antena Microondas (a una altura de 3m en infraestructura existente en la azotea) para interconexión entre Caraballeda y Macuto.
- Tendido y conexión del cableado de IF desde el IDU620 ubicado en la sala de transmisión CANTV hasta equipo ODU620 ubicado en tubo de sujeción de la antena microondas.
- Instalación de una antena GPS (altura de 2 m en mástil para sector 3 en la azotea) para sincronismo de BTS 3703.
- Tendido y conexión del cableado coaxial de 1/2" desde el BBU ubicado en la sala CANTV hasta antena GPS.

### 3 DATOS GENERALES DE LA CENTRAL

#### 3.1 Nombre

Central Macuto

#### 3.2 Dirección

Central CANTV Camuri-Cables Submarinos. Nivel Azotea. Macuto, estado Vargas, Región Capital.

Elaborado por: Carlos Giuliano (Huawei) Revisado por: Ing. Mainehely Riera (Huawei) Aprobado por: Ing. Jose Medina (Huawei)	Elaborado por: _____ (CANTV) Revisado por: _____ (CANTV)
---	---

	<b>INGENIERÍA PRELIMINAR CENTRAL MACUTO</b>	Código: s/o Rev. 1
		Fecha: 25-01-08
<b>PROYECTO PRUEBA DE LA TECNOLOGIA Wimax</b>		Página 6 de 14

### 3.3 Personal asistente a la inspección

Nombre	Departamento	Teléfono
Ing. Mairchely Riera	Huawei	0416-6132116
Ing. Lili Go	Huawei	0416-6131697
Ing. Gustavo Córdoba	Huawei	0416-6096196
Ing. Carlos Santana	Huawei	0416-6087752
Ing. Yirma Valbuena	Huawei	0416-6101028
Carlos Giuliano	Huawei	0412-7085285

### 3.4 Persona contacto de la central

Nombre: Martín Acebedo/ Edgar Gonzáles.

Teléfono: 0416-6225283/0416-6374674

### 3.5 Consideraciones para el traslado y transporte de equipos a instalar

- La ubicación destinada de los equipos es dentro de sala de transmisión CANTV, piso 2 (Equipo RTN620, BBU) y en mástiles nuevos en la Azotea (RRU y antenas...).
- La viabilidad del acceso al sitio es asfalto.
- Para subir los equipos a la Azotea solo se accede por escaleras metálicas y de concreto. (para antenas, RRU, etc...)
- Riesgo bajo.

[Ver Memoria Fotográfica.](#)

### 3.6 Responsable de la requisición de permisos de acceso

Nombre: Maximiliano de Jesús Rodríguez Arandia

Teléfono: 0416-6087100/ 0416-8071504

Elaborado por: Carlos Giuliano (Huawei) Revisado por: Ing. Mairchely Riera (Huawei) Aprobado por: Ing. Jose Medina (Huawei)	Elaborado por: _____ (CANTV) Revisado por: _____ (CANTV)
---	---

	<b>INGENIERÍA PRELIMINAR CENTRAL MACUTO</b>	Código: s/o Rev. 1
		Fecha: 25-01-08
<b>PROYECTO PRUEBA DE LA TECNOLOGIA Wimax</b>		Página 7 de 14

### 3.7 Responsable de la solicitud de llaves de la central

En el edificio CANTV existe vigilancia quienes tienen llave y acceso a las salas CANTV, Movilnet y Azotea.

## 4 DETALLES DE LA INSTALACIÓN

### 4.1 Ubicación de los equipos

En la central Macuto, Edo. Vargas, se instalarán dos BTS 3703 la cual se divide en 3 unidades RRU y dos BBU con la finalidad de proveer comunicaciones inalámbricas a dicha región; Radio RTN620 (IDU620 y ODU620) para interconexión entre Macuto-Caraballeda; para ello:

- Se dispuso de un (1) rack de 19", ubicado en la sala de transmisión de CANTV.
- Se dispuso de 9 posiciones libres en barra de -48 VDC para breakers del PDB #1 (Sala de transmisión de CANTV).
- Se dispuso de espacio físico en la azotea para la instalación de 3 mástiles de 6 m C/U y otro mástil de 4m.
- Se dispuso de una barra de tierra MGB ubicada en sala de transmisión CANTV.
- Se dispuso de un ducto de ventilación (el cual debe ser acondicionado) para tendido de cableado desde la sala de transmisión hasta la azotea.

La ubicación específica de los equipos es la siguiente:

- 2 unidades BBU: Rack de 19" dentro de sala de transmisión CANTV
- 3 unidades RRU: cada una ubicada en nuevos mástiles (mástiles 1, 2, 3); a 2 m de altura.

Elaborado por: Carlos Giuliano (Huawei) Revisado por: Ing. Mainehely Riera (Huawei) Aprobado por: Ing. Jose Medina (Huawei)	Elaborado por: _____ (CANTV) Revisado por: _____ (CANTV)
---	---

	<b>INGENIERÍA PRELIMINAR CENTRAL MACUTO</b>	Código: s/o Rev. 1
		Fecha: 25-01-08
<b>PROYECTO PRUEBA DE LA TECNOLOGIA Wimax</b>		Página 8 de 14

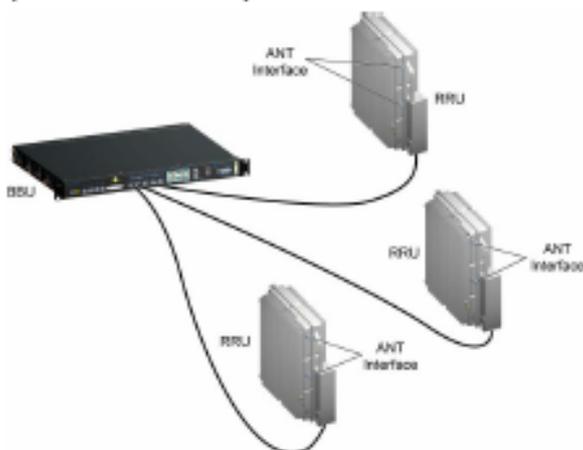
- Radio RTN620 (IDU620 y ODU620): el IDU620 en rack de 19" dentro de la sala de transmisión CANTV; ODU en tubo de sujeción de la antena de microondas (mástil 2); a 3 m de altura.
- Antenas y Feeders: Las antenas direccionales Wimax se ubicarán en soportes tipo brazo en mástiles nuevos ubicados en la azotea (altura 5 m). Se instalarán jumpers (coaxial de 1/2") para interconexión entre RRU y dichas antenas.

[Ver Memoria Fotográfica.](#)

[Ver Plano de Macuto](#)

#### 4.1.1 Equipamiento de la BTS Modelo 3703

Esta conformado por 3 unidades RRU (Carrier Outdoor Radio Unit) y una unidad BBU (Carriers Baseband Unit).



Elaborado por: Carlos Giuliano (Huawei) Revisado por: Ing. Mairively Riera (Huawei) Aprobado por: Ing. Jose Medina (Huawei)	Elaborado por: (CANTV) Revisado por: (CANTV)
---	---

	<b>INGENIERÍA PRELIMINAR CENTRAL MACUTO</b>	Código: s/c Rev. 1
		Fecha: 25-01-08
<b>PROYECTO PRUEBA DE LA TECNOLOGIA Wimax</b>		Página 9 de 14



Especificaciones técnicas de BTS 3703:

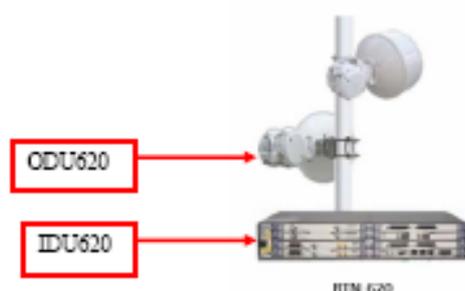
- Working Mode: TDD
- Working Frequency Band :
  - 2.5 GHz: 2.496 GHz to 2.690 GHz/2.3 GHz: 2.3 GHz to 2.4 GHz/3.5 GHz: 3.4 GHz to 3.6 GHz
- Transmit Power: supports 2x2 MIMO.
- Maximum transmit power per RRU: 20 W
- Channel Bandwidth: 5 MHz /10 MHz (various)
- Capacity: At 10MHz/5MHz bandwidth, Maximum data throughput per RRU :30/15 Mbit/s;
- Maximum online users per sector: 512
- Power Supply :-48V DC
- Interface of the BTS3703 BBU:
  - 2 FE and 2 GE optical ports. Either the electrical mode or the optical mode can be used at a time.
- Interface of the BTS3703 RRU:
  - CPRI Defining ports in the baseband processing unit and RF processing unit. RRU contains two CPRI ports which connect to the BBU and the backup BBU respectively.
- Cellular networking modes:
  - Single-frequency PUSC,
  - Three-frequency FUSC/PUSC with all SC
  - Single-frequency PUSC + PUSC with all SC
- BBU can be piled for supporting more Carrier, maximum can support 5444 (4Carrier, 3Sector. Need 4 BBU+1GPS+12RRU+12 Antenna.

Elaborado por: Carlos Giuliano (Huawei) Revisado por: Ing. Mairively Riera (Huawei) Aprobado por: Ing. Jose Medina (Huawei)	Elaborado por: (CANTV) Revisado por: (CANTV)
---	---

	<b>INGENIERÍA PRELIMINAR CENTRAL MACUTO</b>	Código: s/o Rev. 1
		Fecha: 25-01-08
<b>PROYECTO PRUEBA DE LA TECNOLOGÍA Wimax</b>		Página 10 de 14

#### 4.1.2 Equipamiento del radio OptiX RTN620

Está conformado por un equipo IDU620 y un equipo ODU620.



#### 4.2 Acondicionamiento interno

Se requiere la ampliación del Ducto Pasacables existente o apertura de un orificio nuevo cuyo diámetro debe ser mínimo de 3", para permitir la canalización de: cable coaxial de 1/2" para el GPS, cable coaxial de IF para antena microondas, cableado de energía para alimentación DC de las RRUs en la Azotea (dentro de tubería Conduit de 2"), y cableado de Fibra óptica (dentro de tubería Conduit también propuesta para energía) para conexión entre las BBUs en la sala de transmisión CANTV y las RRUs en la azotea.

Elaborado por: Carlos Giuliano (Huawei) Revisado por: Ing. Mairively Riera (Huawei) Aprobado por: Ing. Jose Medina (Huawei)	Elaborado por: (CANTV) Revisado por: (CANTV)
---	---

	<b>INGENIERÍA PRELIMINAR CENTRAL MACUTO</b>	Código: s/c Rev. 1
		Fecha: 25-01-08
<b>PROYECTO PRUEBA DE LA TECNOLOGIA Wimax</b>		Página 11 de 14

### 4.3 Acondicionamiento externo

Para esta instalación de equipos se requiere el siguiente acondicionamiento:

- Tres (3) mástiles de 6 m y uno (1) de 4 m en la azotea ubicados tal como lo indica el Plano.
- 26 m de tubería Conduit de 2" sobre elevadores de barra UniStrut (para canalización de energía DC y fibra óptica para RRUs en azotea).
- 5 m de tubería Conduit de 3" para canalización de energía DC y fibra óptica en el ducto pasacables a ser acondicionado.
- Cajas de paso Condulet.
- 16 m de tubería PVC de 1/2" (para cableado de tierra).
- Barra MGB en la azotea.

#### 4.3.1 Requerimientos de energía

Para las dos unidades BBU y el radio IDU620, se requiere la instalación de cuatro (4) interruptores con fusibles de 10 Amperios de capacidad, en el PDB #1 situado en la sala de transmisión Cantv.

Para las tres unidades RRUs se requiere la instalación de tres (3) interruptores con fusibles de 10 Amperios de capacidad en la barra de -48 VDC en el PDB #1 situado en la Sala de transmisión Cantv.

Con respecto al calibre del conductor, para alimentación del BBU, se requiere cable específico y propio del equipo con conector 7W2. Para alimentación del IDU 620, se requiere cable específico y propio del equipo. Para las unidades RRU se requiere cable

Elaborado por: Carlos Giuliano (Huawei) Revisado por: Ing. Mairively Riera (Huawei) Aprobado por: Ing. Jose Medina (Huawei)	Elaborado por: (CANTV) Revisado por: (CANTV)
---	---

	<b>INGENIERÍA PRELIMINAR CENTRAL MACUTO</b>	Código: s/c Rev. 1
		Fecha: 25-01-08
<b>PROYECTO PRUEBA DE LA TECNOLOGIA Wimax</b>		Página 12 de 14

específico y propio del equipo con aislamiento termoplástico THW con conector OT. Empleándose para ello color azul para identificar el polo negativo y negro para neutro.

#### 4.3.1.1 Descripción del recorrido de cableado

Para los equipos BBU e IDU620, los cables de energía parten de las posiciones asignadas en el PDB #1 ubicado en la sala de transmisión de Cantv, ascienden por tramo de escalerilla vertical de 35 cm hasta el sistema de escalerillas horizontales existentes localizadas a 2.9 metros de altura. Una vez en este punto, son canalizados hasta ubicarse encima donde se sitúan los equipos BBU e IDU620. Longitud del cableado de energía es de aproximadamente 10 m (para equipos BBU e IDU620).

Para las tres unidades RRU se plantea el recorrido y canalización de energía desde el equipo PDB #1 (sala de transmisión CANTV), usando las escalerillas horizontales existentes dentro de la sala hasta el Ducto Pasacables. De allí se canaliza por tubería Conduit de 2" hasta la azotea (aproximadamente 5 m). En la azotea se propone la canalización de la energía por tubería Conduit de 2" (aproximadamente 26 m), Longitud del cableado de energía es de aproximadamente 25 m para cada RRU.

#### [VER PLANO DE MACUTO](#)

#### 4.3.2 Sistema puesta a tierra

Para aterrizar los equipos BBU e IDU620 se requieren 14 m de cable AWG 6. El recorrido es a través de las escalerillas horizontales con Tubería PVC de 1/2" adosada a la escalerilla dentro de la sala de transmisión CANTV, hacia la barra de tierra MGB ubicada en dicha sala.

Elaborado por: Carlos Giuliano (Huawei) Revisado por: Ing. Mairively Riera (Huawei) Aprobado por: Ing. Jose Medina (Huawei)	Elaborado por: (CANTV) Revisado por: (CANTV)
---	---

	<b>INGENIERÍA PRELIMINAR CENTRAL MACUTO</b>	Código: s/o Rev. 1
		Fecha: 25-01-08
<b>PROYECTO PRUEBA DE LA TECNOLOGIA Wimax</b>		Página 13 de 14

Para aterrizar las RRU de los sectores 1 y 3 se requieren 4 m de cable AWG 6; y para la RRU del sector 2 se requieren 9 m de cableado AWG 6. Se propone aterrizar en nueva barra MGB en la azotea.

[Ver Memoria Fotográfica.](#)

[Ver Plano de Macuto.](#)

#### 4.4 Cableado Óptico entre RRUs y BBU

El cableado de fibra óptica entre RRU y BBU se canaliza de la siguiente manera: desde las RRUs ubicadas en los mástiles en la azotea se canaliza a través de la tubería Conduit propuesta en la azotea y en el ducto pasacables, hasta las escalerillas horizontales dentro de sala de transmisión CANTV. De allí se hace el tendido de fibra por tubería PVC corrugada hasta las BBU ubicadas en Rack de 19" en sala de Tx CANTV.

Se requiere la conexión de fibra entre dos RRU y una de las dos BBU instaladas en el rack de 19" en la sala de Tx. La restante RRU se conecta con la segunda BBU.

La longitud del cableado de fibra óptica es de 25 m para las RRUs ubicadas en los sectores 1 y 3; y de 28 m para la RRU ubicada en el sector 2.

#### 4.5 Sistema Radiante y enlace Microondas

##### Sistema RF:

Tres antenas direccionales ubicadas en la torre las cuales son:

Antena sector 1: Mástil 1 (N), Az= 0°, H= 5 m, Soporte tipo Brazo

Antena sector 2: Mástil 2 (E), Az= 90°, H= 5 m, Soporte tipo Brazo

Elaborado por: Carlos Giuliano (Huawei) Revisado por: Ing. Mairinehy Riera (Huawei) Aprobado por: Ing. Jose Medina (Huawei)	Elaborado por: _____ (CANTV) Revisado por: _____ (CANTV)
---	---

	<b>INGENIERÍA PRELIMINAR CENTRAL MACUTO</b>	Código: s/c Rev. 1
		Fecha: 25-01-08
<b>PROYECTO PRUEBA DE LA TECNOLOGIA Wimax</b>		Página 14 de 14

Antena sector 3: Mástil 3 (O), Az= 270°, H= 5 m, Soporte tipo Brazo

Una antena GPS: Mástil 3 (O), Az= 290°-360°, H= 2 m

#### Enlace Microondas:

Se requiere un enlace de Microondas para la interconexión desde Macuto hasta Caraballeda (el enlace es de 3.5 Km). Se usa el sistema de transmisión radio OptiX RTN620. La canalización para el cableado de IF se realiza a través de las escalerillas horizontales y verticales internas existentes, pasando por el ducto pasacables hasta la azotea donde se ubica la antena microondas.

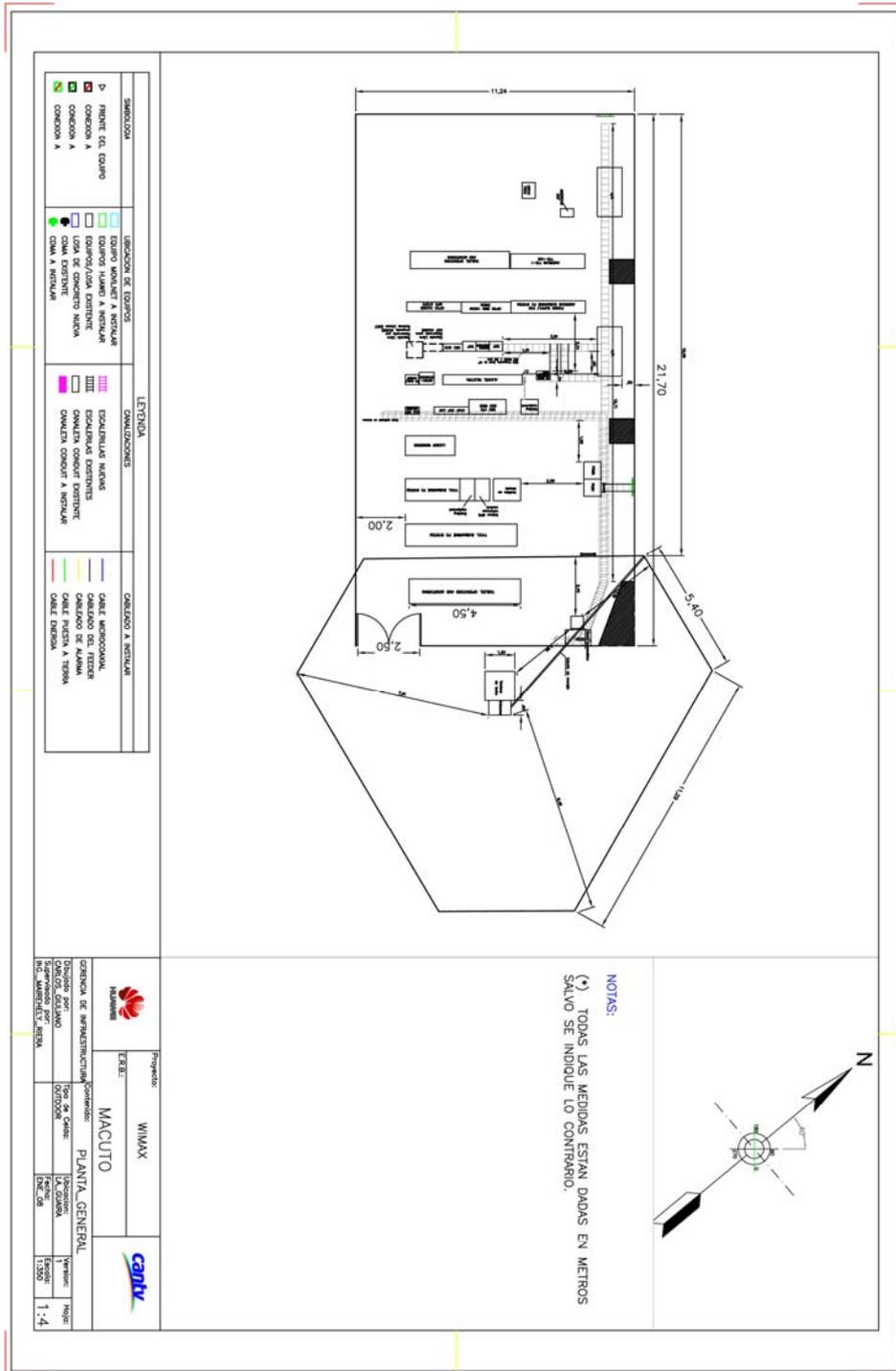
Antena Microondas: Mástil 3 (O), Az= 78°, H= 3 m.

#### 4.6 Gestión

El sistema de gestión permite la administración del equipo mediante la red de mantenimiento para monitorear el mismo desde una sala destinada para el control correspondiente. En el caso de Macuto se realiza la conexión desde la central hasta la CNT donde se ubicara el software M2000 a través del Metro Ethernet.

Elaborado por: Carlos Giuliano (Huawei) Revisado por: Ing. Mairively Riera (Huawei) Aprobado por: Ing. Jose Medina (Huawei)	Elaborado por: (CANTV) Revisado por: (CANTV)
---	---

ANEXO N° 3, PLANOS WIMAX MACUTO.



LEGENDA	
<b>SEÑALIZACION</b>	<b>UBICACION DE EQUIPOS</b>
□ FRONTE DEL EQUIPO	□ EQUIPOS LUMEN A INSTALAR
□ CONEXION A	□ EQUIPOS/LUNA EXISTENTE
□ CONEXION A	□ LOMA DE CONCRETO NUEVA
□ CONEXION A	□ LOMA EXISTENTE
□ CONEXION A	□ CANAL A INSTALAR
<b>CONEXIONES</b>	<b>CALEFACCION A INSTALAR</b>
□ ESCALERILLOS NUEVOS	□ CALEF. MUROPORAL
□ ESCALERILLOS EXISTENTES	□ CALEFACCION DEL PISO
□ OVALERIA CONDUIT EXISTENTE	□ CALEF. PISO A TUBIA
□ OVALERIA CONDUIT A INSTALAR	□ CALEF. PISO

GENERAL DE INVESTIGACION Y DESARROLLO TECNOLÓGICO "CENIA"		Proyecto:		WIMAX		WIMAX	
SUPERVISOR POR:		MACUTO		PLANTA GENERAL		Escala: 1:4	

NOTAS:  
 (\*) TODAS LAS MEDIDAS ESTAN DADAS EN METROS SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO.





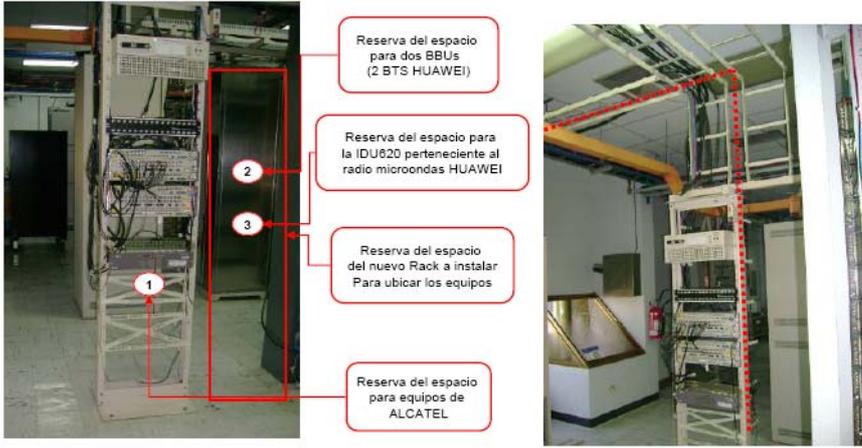


## ANEXO N° 4. MEMORIA FOTOGRÁFICA PRELIMINAR WIMAX MACUTO.

 	<b>INGENIERÍA PRELIMINAR</b> Proyecto Prueba de la tecnología WIMAX	Código: s/c Rev. Fecha: 25/01/08
REGISTRO FOTOGRÁFICO CENTRAL MACUTO		Página: 1 de 15
		
A. Acceso a la estación	B. Fachada de la estación	
Fotografía # 1. Fachada de la Estación		
Elaborado por: Carlos Giuliano (Huawei) Revisado por: Mairehely Riera (Huawei)	Revisado por: (CANTV) Aprobado por: (CANTV)	

 	<b>INGENIERÍA PRELIMINAR</b> Proyecto Prueba de la tecnología WIMAX	Código: s/c Rev. Fecha: 25/01/08
REGISTRO FOTOGRÁFICO CENTRAL MACUTO		Página: 2 de 15
		
Fotografía No. 2. Escalera de acceso a la Sala	Fotografía No. 3. Acceso a las Sala	
Elaborado por: Carlos Giuliano (Huawei) Revisado por: Mairehely Riera (Huawei)	Revisado por: (CANTV) Aprobado por: (CANTV)	

 	<b>INGENIERÍA PRELIMINAR</b> Proyecto Prueba de la tecnología WiMAX	Código: s/c Rev. Fecha: 25/01/08
<b>REGISTRO FOTOGRAFICO CENTRAL MACUTO</b>		Página: 3 de 15
 <p>Fotografía No. 4. Acceso a la Sala de Transmisión</p>		
Elaborado por: Carlos Giuliano (Huawei) Revisado por: Mairehely Riera (Huawei)	Revisado por: Aprobado por:	(CANTV) (CANTV)

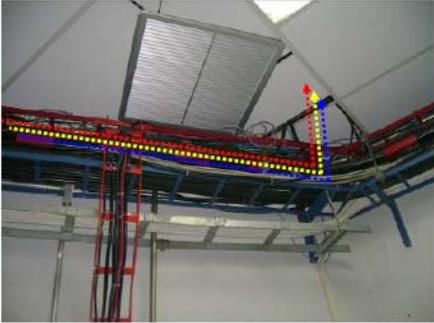
 	<b>INGENIERÍA PRELIMINAR</b> Proyecto Prueba de la tecnología WiMAX	Código: s/c Rev. Fecha: 25/01/08
<b>REGISTRO FOTOGRAFICO CENTRAL MACUTO</b>		Página: 4 de 15
 <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid red; border-radius: 10px; padding: 5px; width: 30%;">       Reserva del espacio para dos BBUs (2 BTS HUAWEI)     </div> <div style="border: 1px solid red; border-radius: 10px; padding: 5px; width: 30%;">       Reserva del espacio para la IDU820 perteneciente al radio microondas HUAWEI     </div> <div style="border: 1px solid red; border-radius: 10px; padding: 5px; width: 30%;">       Reserva del espacio del nuevo Rack a instalar Para ubicar los equipos     </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid red; border-radius: 10px; padding: 5px; width: 30%;">       Reserva del espacio para equipos de ALCATEL     </div> </div>		
Fotografía No. 5. Ubicación del equipo IDU820 y BBU		Fotografía No. 6. Ruta del cable de energía para la IDU820 y BBU
Elaborado por: Carlos Giuliano (Huawei) Revisado por: Mairehely Riera (Huawei)	Revisado por: Aprobado por:	(CANTV) (CANTV)

 	<p align="center">INGENIERÍA PRELIMINAR Proyecto Prueba de la tecnología WiMAX</p>	<p>Código: s/c Rev. Fecha: 25/01/08</p>
<p>REGISTRO FOTOGRAFICO CENTRAL MACUTO</p>		<p>Página: 5 de 15</p>
 <p>Fotografía No. 7. Ruta del cable de energía para la IDU620, BBU y WASN9707</p>	 <p>Fotografía No. 8. Equipo de Energía</p>	<p>Elaborado por: Carlos Giuliano (Huawei) Revisado por: Mairehely Riera (Huawei)</p> <p>Revisado por: (CANTV) Aprobado por: (CANTV)</p>

 	<p align="center">INGENIERÍA PRELIMINAR Proyecto Prueba de la tecnología WiMAX</p>	<p>Código: s/c Rev. Fecha: 25/01/08</p>
<p>REGISTRO FOTOGRAFICO CENTRAL MACUTO</p>		<p>Página: 6 de 15</p>
 <p>A. PDB #2</p>	 <p>B. PDB #1</p> <p>Hay 9 posiciones libres de -48 VDC en el PDB #1</p>	<p>Fotografía No. 9. Equipos de energía existentes en la Sala.</p> <p>Elaborado por: Carlos Giuliano (Huawei) Revisado por: Mairehely Riera (Huawei)</p> <p>Revisado por: (CANTV) Aprobado por: (CANTV)</p>

 	<b>INGENIERÍA PRELIMINAR</b> Proyecto Prueba de la tecnología WiMAX	Código: s/c Rev. Fecha: 25/01/08
<b>REGISTRO FOTOGRAFICO CENTRAL MACUTO</b>		Página: 7 de 15
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="424 546 858 869">  <p>A. Recorrido de tierra desde la BTS hacia barra MGB.</p> </div> <div data-bbox="863 546 1295 869">  <p>B. Recorrido de cableado para aterramiento</p> </div> </div> <p>Fotografía No. 10. Aterramiento para la BTS en barra MGB existente</p>		
Elaborado por: Carlos Giuliano (Huawei) Revisado por: Mairehely Riera (Huawei)	Revisado por: Aprobado por:	(CANTV) (CANTV)

 	<b>INGENIERÍA PRELIMINAR</b> Proyecto Prueba de la tecnología WiMAX	Código: s/c Rev. Fecha: 25/01/08
<b>REGISTRO FOTOGRAFICO CENTRAL MACUTO</b>		Página: 8 de 15
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="424 1339 847 1662">  <p>A. Recorrido de tierra hacia barra MGB.</p> </div> <div data-bbox="852 1339 1286 1662">  <p>B. Barra MGB existente con posiciones disponibles</p> </div> </div> <p>Fotografía No. 11. Aterramiento para la BTS en barra MGB existente</p>		
Elaborado por: Carlos Giuliano (Huawei) Revisado por: Mairehely Riera (Huawei)	Revisado por: Aprobado por:	(CANTV) (CANTV)

 	<b>INGENIERÍA PRELIMINAR</b> Proyecto Prueba de la tecnología WiMAX	Código: s/c Rev. Fecha: 25/01/08
<b>REGISTRO FOTOGRAFICO CENTRAL MACUTO</b>		Página: 9 de 15
<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p>A. Ruta de cableado dentro de la Sala.                      B. Ascenso de cableado hacia la azotea.</p> <p>Fotografía No. 12. Cableado de Energía, Fibra y coaxial hacia la azotea.</p>		
Elaborado por: Carlos Giuliano (Huawei) Revisado por: Mairehely Riera (Huawei)	Revisado por: Aprobado por:	(CANTV) (CANTV)

 	<b>INGENIERÍA PRELIMINAR</b> Proyecto Prueba de la tecnología WiMAX	Código: s/c Rev. Fecha: 25/01/08
<b>REGISTRO FOTOGRAFICO CENTRAL MACUTO</b>		Página: 10 de 15
<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p>A. Agujero correspondiente al acceso hacia la azotea del edificio.                      B. Acceso ubicado en la azotea, que permite el cableado hacia la Sala de Transmisión.</p> <p>Fotografía No. 13. Cableado de Energía, Fibra y coaxial hacia la azotea.</p>		
Elaborado por: Carlos Giuliano (Huawei) Revisado por: Mairehely Riera (Huawei)	Revisado por: Aprobado por:	(CANTV) (CANTV)

 	<b>INGENIERÍA PRELIMINAR</b> Proyecto Prueba de la tecnología WiMAX	Código: s/c Rev.
		Fecha: 25/01/08
REGISTRO FOTOGRAFICO CENTRAL MACUTO		Página: 11 de 15
		
<p>A. Acceso hacia la azotea desde la central.</p> <p>B. Vista panorámica del acceso a la azotea.</p>		
Fotografía No. 14. Acceso a la azotea		
Elaborado por: Carlos Giuliano (Huawei) Revisado por: Mairehely Riera (Huawei)	Revisado por: Aprobado por:	(CANTV) (CANTV)

 	<b>INGENIERÍA PRELIMINAR</b> Proyecto Prueba de la tecnología WiMAX	Código: s/c Rev.
		Fecha: 25/01/08
REGISTRO FOTOGRAFICO CENTRAL MACUTO		Página: 12 de 15
		
Fotografía No. 15. Ubicación de equipo en mástil propuesto para el Sector 1.		
Elaborado por: Carlos Giuliano (Huawei) Revisado por: Mairehely Riera (Huawei)	Revisado por: Aprobado por:	(CANTV) (CANTV)

 	<b>INGENIERÍA PRELIMINAR</b> Proyecto Prueba de la tecnología WiMAX	Código: s/o Rev. Fecha: 25/01/08
	<b>REGISTRO FOTOGRAFICO CENTRAL MACUTO</b>	Página: 13 de 15
		
Fotografía No. 16. Ubicación de equipo en mástil propuesto para el Sector 2.		
Elaborado por: Carlos Giuliano (Huawei) Revisado por: Mairehely Riera (Huawei)	Revisado por: Aprobado por:	(CANTV) (CANTV)

 	<b>INGENIERÍA PRELIMINAR</b> Proyecto Prueba de la tecnología WiMAX	Código: s/o Rev. Fecha: 25/01/08
	<b>REGISTRO FOTOGRAFICO CENTRAL MACUTO</b>	Página: 14 de 15
		
Fotografía No. 17. Ubicación de equipo en mástil propuesto para el Sector 3.		
Elaborado por: Carlos Giuliano (Huawei) Revisado por: Mairehely Riera (Huawei)	Revisado por: Aprobado por:	(CANTV) (CANTV)

		<p align="center">INGENIERÍA PRELIMINAR Proyecto Prueba de la tecnología WiMAX</p>	<p>Código: s/o Rev. Fecha: 25/01/08</p>
<p>REGISTRO FOTOGRAFICO CENTRAL MACUTO</p>		<p>Página: 15 de 15</p>	
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid red; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">Espacio propuesto para instalación de Radio de Microondas (ODU620)</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <div style="border: 1px solid red; padding: 2px; margin-top: 5px; text-align: center;">Recorrido del cableado IF hacia el radio IDU620</div> <p align="center">Fotografía No. 18. Ubicación de equipo Microondas (en nuevo mástil).</p>			
<p>Elaborado por: Carlos Giuliano (Huawei) Revisado por: Mairehely Riera (Huawei)</p>		<p>Revisado por: (CANTV) Aprobado por: (CANTV)</p>	

## ANEXO N° 5. FICHAS DE EVALUACIÓN DE LOS SITIOS INSTALADOS.



### Ficha de Evaluación de la Ingeniería Preliminar

El presente documento tiene como finalidad evaluar el desempeño y el material por el Departamento de Ingeniería y Diseño de Huawei Technologies de Venezuela para el proyecto "Prueba Piloto de la Tecnología WiMAX" según lo establecido por CANTV

<b>Nombre de la Estación</b>	
<b>Evaluador</b>	

#### METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

A continuación se presenta una lista de los aspectos considerados para evaluar el desempeño del documento de ingeniería de detalle, en relación con el resultado obtenido luego de la instalación

	Resultados	
1.- OBJETIVO	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
2.- ALCANCE	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
3.- DATOS GENERALES DE LA CENTRAL		
* Nombre	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
* Dirección	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
* Personal asistente a la inspección	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
* Persona contacto de la central	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
* Consideraciones para el traslado y transporte de equipos a instalar	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
* Responsable de la requisición de permisos de acceso	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
* Responsable de la solicitud de llaves de la central	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
4.- DETALLES DE LA INSTALACIÓN		
* Ubicación de los equipos	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
* Equipamiento de la BTS 3703	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
* Equipamiento del radio OptiX RTN620	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
* Acondicionamiento Interno	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
* Acondicionamiento Externo	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
* Requerimientos de energía	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
* Descripción del recorrido del cableado de energía	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
* Sistema puesta a tierra	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
* Cableado Óptico entre BBU y RRU	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
* Sistema Radiante y enlace Microondas	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
* Gestión	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
5.- PLANO	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
6.- MEMORIA FOTOGRÁFICA	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
7.- TOPOLOGÍA DE LA RED	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No

Observaciones Generales:



### Ficha de Evaluación de la Ingeniería Preliminar

El presente documento tiene como finalidad evaluar el desempeño y el material por el Departamento de Ingeniería y Diseño de Huawei Technologies de Venezuela para el proyecto "Prueba Piloto de la Tecnología WiMAX" según lo establecido por CANTV

Nombre de la Estación	CNT CANTV Caracas
Evaluador	

### METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

A continuación se presenta una lista de los aspectos considerados para evaluar el desempeño del documento de ingeniería de detalle, en relación con el resultado obtenido luego de la instalación

	Resultados	
1.- OBJETIVO	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
2.- ALCANCE	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
3.- DATOS GENERALES DE LA CENTRAL		
* Nombre	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
* Dirección	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
* Personal asistente a la inspección	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
* Persona contacto de la central	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
* Consideraciones para el traslado y transporte de equipos a instalar	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
* Responsable de la requisición de permisos de acceso	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
* Responsable de la solicitud de llaves de la central	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
4.- DETALLES DE LA INSTALACIÓN		
* Ubicación de los equipos	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
* Equipamiento	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
* Acondicionamiento Interno	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
* Acondicionamiento Externo	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
* Requerimientos de energía	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
* Descripción del recorrido del cableado	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
* Sistema puesta a tierra	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
* Cableado UTP	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
* Gestión	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
5.- PLANO	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
6.- MEMORIA FOTOGRÁFICA	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
7.- TOPOLOGÍA DE LA RED	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No

Observaciones Generales:

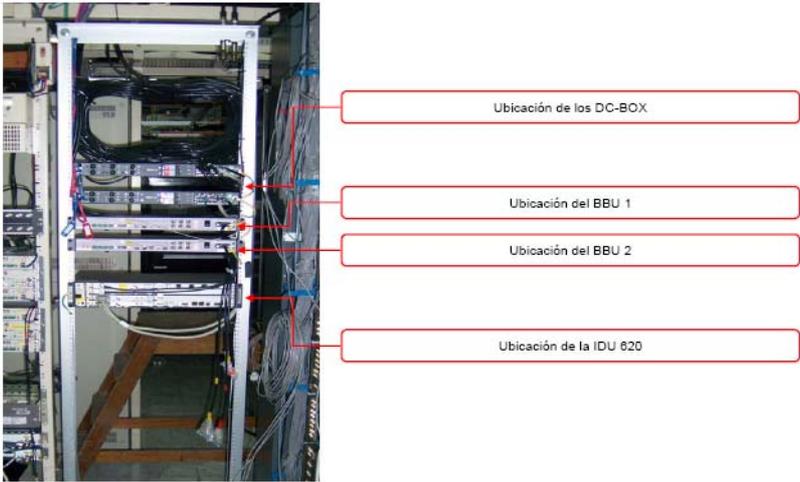
--

## ANEXO N° 6. MEMORIA FOTOGRÁFICA FINAL WIMAX MACUTO.

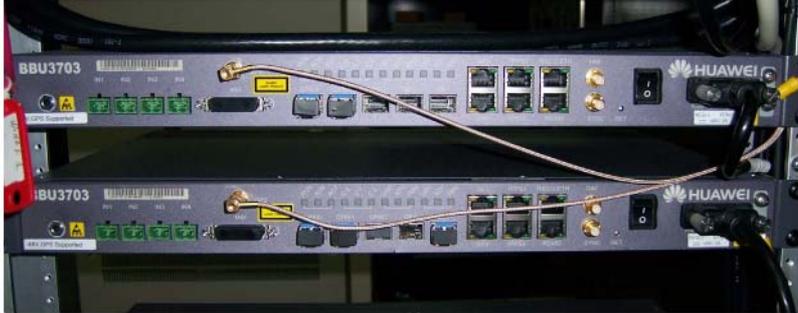
		<b>INGENIERÍA FINAL</b> Proyecto Prueba de la tecnología WIMAX	Código: s/c Rev. Fecha: 23/05/08
REGISTRO FOTOGRÁFICO CENTRAL MACUTO		Página: 1 de 18	
			
A. Acceso a la estación		B. Fachada de la estación	
Fotografía # 1. Fachada de la Estación			
Elaborado por: Carlos Giuliano (Huawei) Revisado por: Mairehely Riera (Huawei)		Revisado por: (CANTV) Aprobado por: (CANTV)	

		<b>INGENIERÍA FINAL</b> Proyecto Prueba de la tecnología WIMAX	Código: s/c Rev. Fecha: 23/05/08
REGISTRO FOTOGRÁFICO CENTRAL MACUTO		Página: 2 de 18	
			
Fotografía No. 2. Escalera de acceso a la Sala		Fotografía No. 3. Acceso a las Sala	
Elaborado por: Carlos Giuliano (Huawei) Revisado por: Mairehely Riera (Huawei)		Revisado por: (CANTV) Aprobado por: (CANTV)	

 	<b>INGENIERÍA FINAL</b> Proyecto Prueba de la tecnología WiMAX	Código: s/c Rev. Fecha: 23/05/08
<b>REGISTRO FOTOGRAFICO CENTRAL MACUTO</b>		Página: 3 de 16
 <p>Fotografía No. 4. Acceso a la Sala de Transmisión</p>		
Elaborado por: Carlos Giuliano (Huawei) Revisado por: Mairehely Riera (Huawei)	Revisado por: Aprobado por:	(CANTV) (CANTV)

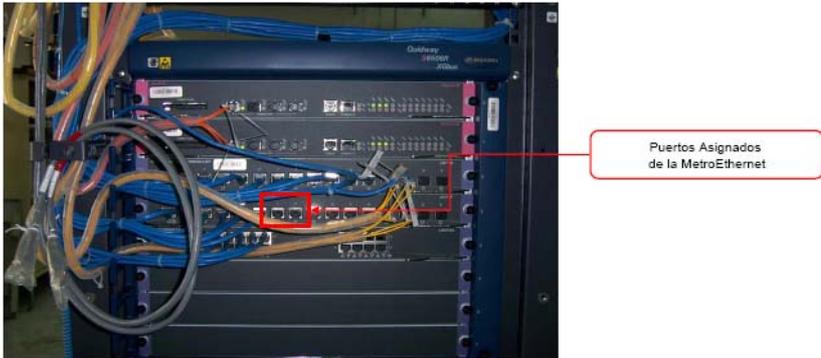
 	<b>INGENIERÍA FINAL</b> Proyecto Prueba de la tecnología WiMAX	Código: s/c Rev. Fecha: 23/05/08
<b>REGISTRO FOTOGRAFICO CENTRAL MACUTO</b>		Página: 4 de 16
 <p>Fotografía No. 5. Ubicación de los equipos en la Sala de Transmisión</p>		
Elaborado por: Carlos Giuliano (Huawei) Revisado por: Mairehely Riera (Huawei)	Revisado por: Aprobado por:	(CANTV) (CANTV)

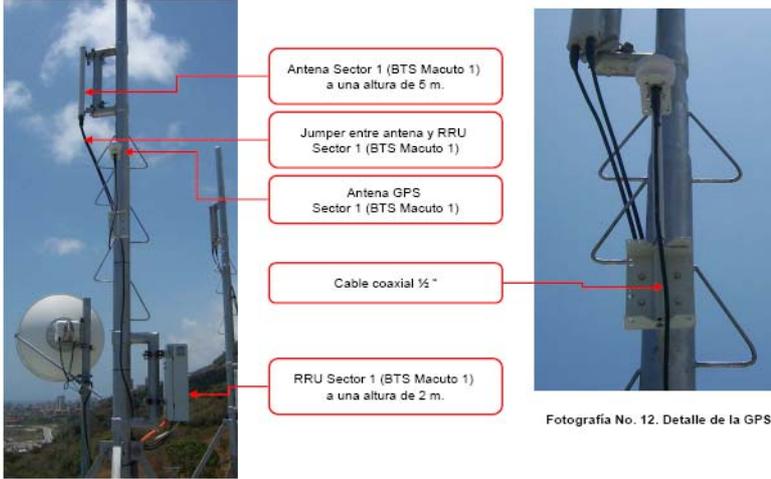
 	<b>INGENIERÍA FINAL</b> Proyecto Prueba de la tecnología WiMAX	Código: s/c Rev. Fecha: 23/05/08
REGISTRO FOTOGRAFICO CENTRAL MACUTO		Página: 5 de 16
 <p>Fotografía No. 6. Detalle del DC-BOX</p>		
Elaborado por: Carlos Giuliano (Huawei) Revisado por: Mairehely Riera (Huawei)	Revisado por: Aprobado por:	(CANTV) (CANTV)

 	<b>INGENIERÍA FINAL</b> Proyecto Prueba de la tecnología WiMAX	Código: s/c Rev. Fecha: 23/05/08
REGISTRO FOTOGRAFICO CENTRAL MACUTO		Página: 6 de 16
 <p>Fotografía No. 7. Detalle de los dos BBU</p>		
Elaborado por: Carlos Giuliano (Huawei) Revisado por: Mairehely Riera (Huawei)	Revisado por: Aprobado por:	(CANTV) (CANTV)

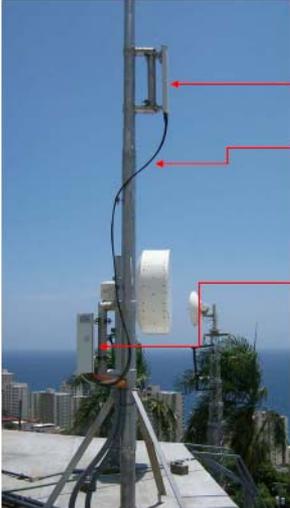
 	<b>INGENIERÍA FINAL</b> Proyecto Prueba de la tecnología WiMAX	Código: s/c Rev. Fecha: 23/05/08
REGISTRO FOTOGRAFICO CENTRAL MACUTO		Página: 7 de 16
 <p data-bbox="746 875 991 898">Fotografía No. 8. Detalle de la IDU 620</p>		
Elaborado por: Carlos Giuliano (Huawei) Revisado por: Mairehely Riera (Huawei)	Revisado por: Aprobado por:	(CANTV) (CANTV)

 	<b>INGENIERÍA FINAL</b> Proyecto Prueba de la tecnología WiMAX	Código: s/c Rev. Fecha: 23/05/08
REGISTRO FOTOGRAFICO CENTRAL MACUTO		Página: 8 de 16
 <p data-bbox="746 1704 991 1727">Fotografía No. 9. Detalle del LAN Switch</p>		
Elaborado por: Carlos Giuliano (Huawei) Revisado por: Mairehely Riera (Huawei)	Revisado por: Aprobado por:	(CANTV) (CANTV)

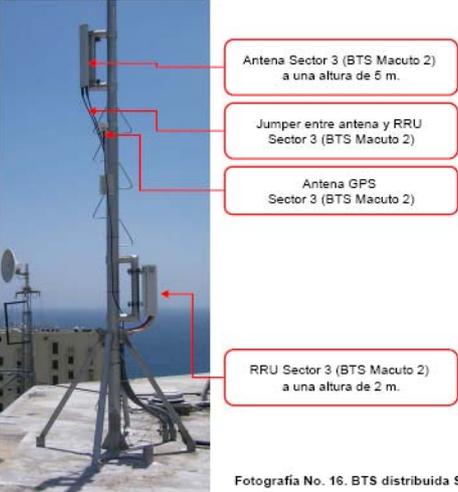
 	<b>INGENIERÍA FINAL</b> Proyecto Prueba de la tecnología WiMAX	Código: s/c Rev.
		Fecha: 23/05/08
REGISTRO FOTOGRAFICO CENTRAL MACUTO		Página: 9 de 16
		
Fotografía No. 10. Detalle del MetroEthernet		
Elaborado por: Carlos Giuliano (Huawei) Revisado por: Mairehely Riera (Huawei)	Revisado por: Aprobado por:	(CANTV) (CANTV)

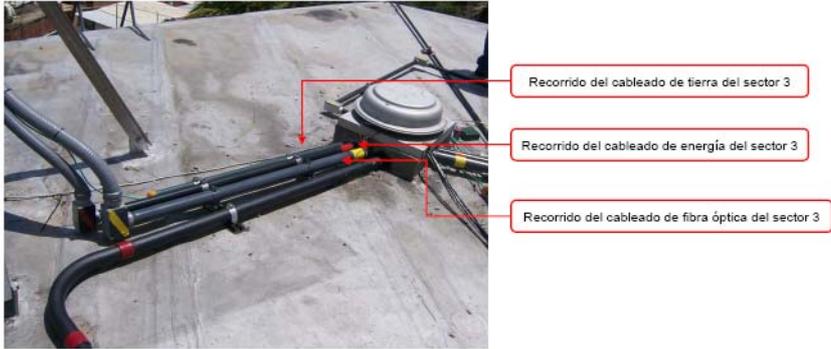
 	<b>INGENIERÍA FINAL</b> Proyecto Prueba de la tecnología WiMAX	Código: s/c Rev.
		Fecha: 23/05/08
REGISTRO FOTOGRAFICO CENTRAL MACUTO		Página: 10 de 18
		
Fotografía No. 12. Detalle de la GPS		
Fotografía No. 11. BTS distribuida Sector 1		
Elaborado por: Carlos Giuliano (Huawei) Revisado por: Mairehely Riera (Huawei)	Revisado por: Aprobado por:	(CANTV) (CANTV)

 	<b>INGENIERÍA FINAL</b> Proyecto Prueba de la tecnología WiMAX	Código: s/c Rev.
		Fecha: 23/05/08
REGISTRO FOTOGRAFICO CENTRAL MACUTO		Página: 11 de 18
		
Fotografía No. 13. Recorrido del cableado del Sector 1		
Elaborado por: Carlos Giuliano (Huawei) Revisado por: Mairehely Riera (Huawei)	Revisado por: Aprobado por:	(CANTV) (CANTV)

 	<b>INGENIERÍA FINAL</b> Proyecto Prueba de la tecnología WiMAX	Código: s/c Rev.
		Fecha: 23/05/08
REGISTRO FOTOGRAFICO CENTRAL MACUTO		Página: 12 de 18
		
Fotografía No. 14. BTS distribuida Sector 2		
		
Fotografía No. 15. Detalle del RRU		
Elaborado por: Carlos Giuliano (Huawei) Revisado por: Mairehely Riera (Huawei)	Revisado por: Aprobado por:	(CANTV) (CANTV)

 	<b>INGENIERÍA FINAL</b> Proyecto Prueba de la tecnología WiMAX	Código: s/c Rev.
		Fecha: 23/05/08
REGISTRO FOTOGRAFICO CENTRAL MACUTO		Página: 13 de 18
 <p>Recorrido del cableado de tierra del sector 2</p> <p>Recorrido del cableado de energía del sector 2</p> <p>Recorrido del cableado de fibra óptica del sector 2</p> <p>Fotografía No. 16. Recorrido del cableado del Sector 2</p>		
Elaborado por: Carlos Giuliano (Huawei) Revisado por: Mairehely Riera (Huawei)	Revisado por: Aprobado por:	(CANTV) (CANTV)

 	<b>INGENIERÍA FINAL</b> Proyecto Prueba de la tecnología WiMAX	Código: s/c Rev.
		Fecha: 23/05/08
REGISTRO FOTOGRAFICO CENTRAL MACUTO		Página: 14 de 18
 <p>Antena Sector 3 (BTS Macuto 2) a una altura de 5 m.</p> <p>Jumper entre antena y RRU Sector 3 (BTS Macuto 2)</p> <p>Antena GPS Sector 3 (BTS Macuto 2)</p> <p>RRU Sector 3 (BTS Macuto 2) a una altura de 2 m.</p> <p>Fotografía No. 16. BTS distribuida Sector 3</p>		
Elaborado por: Carlos Giuliano (Huawei) Revisado por: Mairehely Riera (Huawei)	Revisado por: Aprobado por:	(CANTV) (CANTV)

 	<b>INGENIERÍA FINAL</b> Proyecto Prueba de la tecnología WiMAX	Código: s/c Rev.
		Fecha: 23/05/08
REGISTRO FOTOGRAFICO CENTRAL MACUTO		Página: 15 de 16
		
Fotografía No. 17. Recorrido del cableado del Sector 3		
Elaborado por: Carlos Giuliano (Huawei) Revisado por: Mairehely Riera (Huawei)	Revisado por: Aprobado por:	(CANTV) (CANTV)

 	<b>INGENIERÍA FINAL</b> Proyecto Prueba de la tecnología WiMAX	Código: s/c Rev.
		Fecha: 23/05/08
REGISTRO FOTOGRAFICO CENTRAL MACUTO		Página: 16 de 16
		
Fotografía No. 18. Detalle de la Microondas		
Elaborado por: Carlos Giuliano (Huawei) Revisado por: Mairehely Riera (Huawei)	Revisado por: Aprobado por:	(CANTV) (CANTV)

## **Matriz de Responsabilidades**

### **CANTV Prueba Técnico-comercial** **Wimax**



**Huawei Technologies de Venezuela**



---

## TABLA DE CONTENIDO

1. MATERIALES DE INSTALACIÓN BS
2. MATERIALES DE INSTALACIÓN ASN-GW9770
3. RESPONSABILIDAD DE INSTALACIÓN DEL BS
4. RESPONSABILIDAD DE INSTALACIÓN DEL ASN-GW9770



HUAWEI

Matriz de Responsabilidades

**1. MATERIALES DE INSTALACIÓN BS**

No.	Descripción	Suministrado por	
		Huawei	CANTV
1	Equipo		
1.1	Equipo BS	Y	
1.2	Gabinete de distribución de corriente DC		Y
1.3	Equipo de corriente DC		Y
1.4	Baterías		Y
1.5	Panel de distribución AC		Y
1.6	Generador		Y
1.7	Alimentador y antena	Y	
1.8	Toma		Y
1.9	ODF		Y
1.10	Aire acondicionado		Y
1.11	Piso elevado (o escalera)		Y
1.12	Placa de aterramiento		Y
1.13	Energía APM	Y	
2	Cables Digitales		
2.1	Cables de fibra óptica entre el IDU del BS y el ODF.	Y	
2.2	Conectores de fibra óptica del lado del IDU del BS.	Y	
2.3	Conectores del lado del ODF.		Y
2.4	Cables de fibra óptica entre los dos lados del gabinete del ODF.		Y
2.5	Cable Ethernet	Y	
2.6	Cables RMI entre los dos lados del IDU del BS	Y	
2.7	Conectores de los dos lados del IDU del BS.	Y	
2.8	Cable del reloj	Y	



HUAWEI

## Matriz de Responsabilidades



No.	Descripción	Suministrado por	
		Huawei	CANTV
2.9	Conectores del lado del IDU del BS	Y	
2.10	Fibra óptica CPRI	Y	
2.11	Conectores de fibra óptica SFP del lado del IDU del BS	Y	
2.12	Conectores SFP de fibra óptica del lado del ODU del BS	Y	
2.13	Cable de señal Serial port	Y	
2.14	Cable de red	Y	
2.15	Conectores del lado del ODU del BS	Y	
2.16	Conectores del lado del terminal de mantenimiento		Y
3	Cables de energía		
3.1	Cable de corriente DC entre el equipo de corriente DC y el gabinete de distribución de corriente DC		Y
3.2	Conectores del lado del equipo de corriente DC.		Y
3.3	Conectores del lado del gabinete de distribución de corriente DC		Y
3.4	Cable de corriente DC entre el gabinete de distribución DC y el IDU	Y	
3.5	Cable de energía entre el equipo de corriente DC y la batería		Y
3.6	Conectores del lado del equipo de corriente DC		Y
3.7	Conectores del lado de la batería		Y
3.8	Cable de energía AC de 220V entre el panel de distribución AC y el equipo de corriente DC.		Y
3.9	Conectores del lado del panel de distribución AC		Y
3.10	Conectores del lado del equipo de corriente DC		Y
3.11	Cable de energía APM	Y	
4	Cables de aterramiento		
4.1	Cable de tierra entre el equipo de corriente DC y la barra de tierra de corriente DC		Y



## Matriz de Responsabilidades

No.	Descripción	Suministrado por	
		Huawei	CANTV
4.2	Conectores del lado del equipo de corriente DC		Y
4.3	Cable de tierra del IDU del BS	Y	
4.4	Cable de tierra del CDU del BS	Y	
4.5	Conectores del lado de la barra de tierra	Y	
4.6	Conectores del lado del IDU del BS	Y	
4.7	Cable de tierra del APM	Y	
4.8	Conectores del lado del APM	Y	
5	Alimentador y antena		
5.1	Alimentador entre el IDU del BS y la antena	Y	
5.2	Braciet de la antena	Y	
5.3	Conectores del lado de la antena	Y	
6	Aire acondicionado		
6.1	Conexión cerca del aire acondicionado		Y
7	Antena GPS y alimentador	Y	

**2. MATERIALES DE INSTALACIÓN PARA EL ASN-GW9770**

No.	Descripción	Suministrado por	
		Huawei	CANTV
1	Equipo		
1.1	Equipo ASN-GW	Y	
1.2	Gabinete de distribución DC		Y
1.3	Equipo de corriente DC		Y
1.4	Batería		Y
1.5	Panel de distribución AC		Y
1.6	Generador		Y
1.7	ODF		Y



No.	Descripción	Suministrado por	
		Huawei	CANTV
1.8	Aire acondicionado		Y
1.9	Placa de aterramiento		Y
2	Cables digitales		
2.1	Cables de fibra óptica entre el ASN-GW y el ODF	Y	
2.2	Conectores de fibra óptica del lado del ASN-GW	Y	
2.3	Conectores del lado del ODF		Y
2.4	Cables de fibra óptica entre los dos lados del gabinete ODF		Y
2.5	Cable Ethernet	Y	
2.6	Cables RMI entre los dos ASN-GW	Y	
2.7	Conectores de los dos lados del ASN-GW	Y	
2.8	Cable del red	Y	
2.9	Conectores del lado del ASN-GW	Y	
2.10	Cable de señal Serial port	Y	
2.11	Cable de red	Y	
2.12	Conectores del lado del ASN-GW	Y	
2.13	Conectores del lado del terminal de mantenimiento	Y	
3	Cables de energía		
3.1	Cable de corriente DC entre el equipo y el gabinete de distribución DC		Y
3.2	Conectores del lado del equipo de corriente DC		Y
3.3	Conectores del lado del gabinete de distribución DC		Y
3.4	Cable de corriente DC entre el gabinete de distribución DC y el ASN-GW		Y
3.5	Cable de energía entre el equipo de corriente		Y
3.6	Conectores del lado del equipo de corriente DC		Y
3.7	Conectores del lado de la batería		Y
4	Cable de tierra		



No.	Descripción	Suministrado por	
		Huawei	CANTV
4.1	Cable de tierra entre el equipo de corriente DC y la barra de aterramiento de corriente DC		Y
4.2	Conectores del lado del equipo de corriente DC		Y
4.3	Cable de tierra del ASN-GW	Y	
4.4	Conectores del lado de la barra de aterramiento	Y	
6	Aire acondicionado		
6.1	Sócate cerca del aire acondicionado		Y

### 3. RESPONSABILIDAD DE INSTALACIÓN DEL BS

No.	Ítem & Descripción	Instalado por	
		Huawei	CANTV
1	Equipo		
1.1	Asignar los lugares para instalar los racks del equipo BS		Y
1.2	Gabinete de distribución de corriente DC		Y
1.3	Equipo de corriente DC		Y
1.4	Baterías		Y
1.5	Panel de distribución AC		Y
1.6	Generador		Y
1.8	Alimentador y antena	Y	
1.9	Torre		Y
1.10	ODF		Y
1.11	Aire acondicionado		Y
1.12	Piso elevado (o escalerilla)		Y
1.13	Placa de aterramiento		Y
1.14	Energía APM	Y	



HUAWEI

## Matriz de Responsabilidades



No.	Ítem & Descripción	Instalado por	
		Huawei	CANTV
2	Cables Digitales		
2.1	Cables de fibra óptica entre el IDU del BS y el ODF.	Y	
2.2	Conectores de fibra óptica del lado del IDU del BS.	Y	
2.3	Conectores del lado del ODF.		Y
2.4	Conector del cable óptico del IDU	Y	
2.5	Cables de fibra óptica entre los dos lados del gabinete del ODF.		Y
2.6	Cables RMI entre los dos lados del IDU del BS	Y	
2.7	Conectores de los dos lados del IDU del BS.	Y	
2.8	Cable del reloj	Y	
2.9	Conectores del lado del IDU del BS	Y	
2.10	Fibra óptica CPRI	Y	
2.11	Conectores de fibra óptica SFP del lado del IDU del BS	Y	
2.12	Conectores SFP de fibra óptica del lado del ODU del BS	Y	
2.13	Cable de señal Serial port	Y	
2.14	Cable de red	Y	
2.15	Conectores del lado del ODU del BS	Y	
2.16	Conectores del lado del terminal de mantenimiento	Y	
3	Cables de energía		
3.1	Cable de corriente DC entre el equipo de corriente DC y el gabinete de distribución de corriente DC		Y
3.2	Conectores del lado del equipo de corriente DC.		Y
3.3	Conectores del lado del gabinete de distribución de corriente DC		Y
3.4	Cable de corriente DC entre el gabinete de distribución DC y el IDU	Y	



HUAWEI

## Matriz de Responsabilidades



No.	Ítem & Descripción	Instalado por	
		Huawei	CANTV
3.5	Cable de energía entre el equipo de corriente DC y la batería		Y
3.6	Conectores del lado del equipo de corriente DC		Y
3.7	Conectores del lado de la batería		Y
3.8	Cable de energía AC de 220V entre el panel de distribución AC y el equipo de corriente DC.		Y
3.9	Conectores del lado del panel de distribución AC		Y
3.10	Conectores del lado del equipo de corriente DC		Y
3.11	Cable de energía APM	Y	
4	Cables de aterramiento		
4.1	Cable de tierra entre el equipo de corriente DC y la barra de tierra de corriente DC		Y
4.2	Conectores del lado del equipo de corriente DC		Y
4.3	Cable de tierra del IDU del BS	Y	
4.4	Cable de tierra del ODU del BS	Y	
4.5	Conectores del lado de la barra de tierra	Y	
4.6	Conectores del lado del IDU del BS	Y	
4.7	Cable de tierra del APM	Y	
4.8	Conectores del lado del APM	Y	
5	Alimentador y antena		
5.1	Alimentador entre el IDU del BS y la antena	Y	
5.2	Bracket de la antena	Y	
5.3	Conectores del lado de la antena	Y	
6	Aire acondicionado		
6.1	Conexión cerca del aire acondicionado		Y
7	Conectores		
7.1	Conectores suministrados por Huawei, excepto los especialmente descritos.	Y	



No.	Ítem & Descripción	Instalado por	
		Huawei	CANTV
7.2	Conectores suministrados por CANTV, excepto los especialmente descritos.		Y
8	Iluminación de la sala		Y
9	Socatos de corriente		Y
10	Escaleras / canalitas		Y

#### 4. RESPONSABILIDAD DE INSTALACIÓN DEL ASN-GW9770

No.	Ítem & Descripción	Instalado por	
		Huawei	CANTV
1	Equipo		
1.1	Equipo ASN-GW		Y
1.2	Gabinete de distribución DC		Y
1.3	Equipo de corriente DC		Y
1.4	Batería		Y
1.5	Panel de distribución AC		Y
1.6	Generador		Y
1.7	ODF		Y
1.8	Aire acondicionado		Y
1.9	Placa de aterramiento		Y
2	Cables digitales		
2.1	Cables de fibra óptica entre el ASN-GW y el ODF.	Y	
2.2	Conectores de fibra óptica del lado del ASN-GW	Y	
2.3	Conectores del lado del ODF		Y
2.4	Cables de fibra óptica entre los dos lados del gabinete ODF		Y



No.	Ítem & Descripción	Instalado por	
		Huawei	CANTV
2.5	Cable Ethernet	Y	
2.6	Cables RMI entre los dos ASN-GW	Y	
2.7	Conectores de los dos lados del ASN-GW	Y	
2.8	Cable del reloj	Y	
2.9	Conectores del lado del ASN-GW	Y	
2.10	Cable de señal Serial port	Y	
2.11	Cable de red	Y	
2.12	Conectores del lado del ASN-GW	Y	
3	Conectores del lado del terminal de mantenimiento		
3.1	Cables de energía		Y
3.2	Cable de corriente DC entre el equipo y el gabinete de distribución DC		Y
3.3	Conectores del lado del equipo de corriente DC		Y
3.4	Conectores del lado del gabinete de distribución DC	Y	
3.5	Cable de corriente DC entre el gabinete de distribución DC y el ASN-GW		Y
3.6	Cable de energía entre el equipo de corriente y la batería		Y
3.7	Conectores del lado del equipo de corriente DC		Y
3.8	Conectores del lado de la batería		Y
4	Barra de aterramiento		
4.1	Cable de tierra entre el equipo de corriente DC y la barra de aterramiento de corriente DC		Y
4.2	Conectores del lado del equipo de corriente DC		Y
4.3	Cable de tierra del ASN-GW	Y	
4.4	Conectores del lado de la barra de aterramiento	Y	
4.5	Conectores del lado del ASN-GW	Y	



HUAWEI

## Matriz de Responsabilidades



No.	Ítem & Descripción	Instalado por	
		Huawei	CANTV
5	Aire acondicionado		
5.1	Sócate AC cerca del aire acondicionado		Y
6	Conectores		
6.1	Conectores suministrados por Huawei, excepto los especialmente descritos.	Y	
6.2	Conectores suministrados por CANTV, excepto los especialmente descritos.		Y
7	Iluminación de la sala		Y
8	Sócate de corriente		Y
9	Escaleras / canaletas		Y