



**Universidad Central de Venezuela**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Escuela de Ingeniería Eléctrica**  
*Dirección de Estudios y Postgrado*  
*Especialidad en Redes y Comunicación de datos*

**Diseño y Proyecto de una Red WIMAN para el Transporte y  
Procesamiento de Datos del Cuerpo de Bomberos del Distrito  
Metropolitano de Caracas e integración a otras instituciones públicas de  
Caracas.**

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por el Ing. José Morillo.  
Para optar al título de  
Especialista en Redes y  
Comunicación de Datos.

Caracas, Diciembre del 2007





**Universidad Central de Venezuela**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Escuela de Ingeniería Eléctrica**  
*Dirección de Estudios y Postgrado*  
*Especialidad en Redes y Comunicación de datos*

**Diseño y Proyecto de una Red WIMAN para el Transporte y  
Procesamiento de Datos del Cuerpo de Bomberos del Distrito  
Metropolitano de Caracas e integración a otras instituciones públicas de  
Caracas.**

Profesor Tutor: Ing. Dan El Montoya

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por el Ing. José Morillo.  
Para optar al título de  
Especialista en Redes y  
Comunicación de Datos.

Caracas, Diciembre del 2007

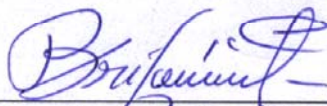
UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
COMISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

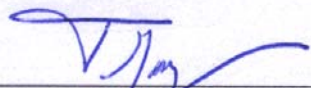
**VEREDICTO**

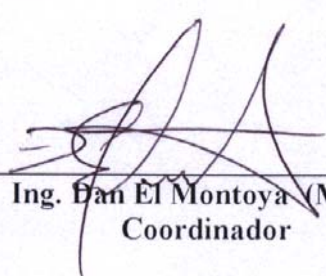
Quienes suscriben, miembros del Jurado designado por el Consejo de la Facultad de Ingeniería para examinar el Trabajo Especial presentado por el Ing. **José Morillo** Cédula de Identidad número **V-6.371.370**, y titulado "**DISEÑO Y PROYECTO DE UNA RED WIMAN PARA EL TRANSPORTE Y PROCESAMIENTO DE DATOS DEL CUERPO DE BOMBEROS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE CARACAS E INTEGRACIÓN A LAS OTRAS INSTITUCIONES PÚBLICAS DE CARACAS**" a los fines de cumplir con el requisito legal para optar al título de **ESPECIALISTA EN COMUNICACIONES Y REDES DE COMUNICACIÓN DE DATOS**, dan fe de lo siguiente:

1. Una vez leído como fue, dicho trabajo por cada uno de los miembros del jurado, el coordinador del jurado convocó para efectuar la defensa en forma pública el día jueves seis de diciembre de dos mil siete, a las 6:00 p.m., en la Aula 208 de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería.
2. La defensa comenzó a las 6:15 p.m. en el sitio y fecha antes señalados. El aspirante hizo un resumen oral de su Trabajo Especial, luego de lo cual respondió satisfactoriamente las preguntas que le fueron formuladas por el Jurado, todo ello conforme a lo dispuesto en el artículo 44 del Reglamento de Estudios de Postgrado de la Universidad Central de Venezuela.
3. Finalizada la defensa pública, el jurado deliberó en privado y por unanimidad decidió **APROBAR** el Trabajo por considerar, sin hacerse solidario de las ideas expuestas por el autor, que se ajusta a lo dispuesto y exigido en el Reglamento antes citado. Para dar este veredicto, el Jurado consideró que el trabajo satisfizo el objetivo general de diseñar una Red Wiman para el Cuerpo de Bomberos del Distrito Metropolitano tomando como base el estudio de factibilidad técnico-económico.

En fé de lo cual se levanta la presente acta, en original y tres copias, en Caracas, a los seis días del mes de diciembre de dos mil siete, dejándose constancia que conforme a la normativa jurídica vigente, actuó como coordinador del jurado, el Profesor Dan El Montoya tutor del trabajo.

  
Ing. Freddy Brito (PhD.)

  
Lic. Franklin Martínez (M.Sc.)

  
Ing. Dan El Montoya (M.Sc.)  
Coordinador

## **RESUMEN**

**Morillo H., José T.**

**Diseño y Proyecto de una Red WIMAN para el Transporte y Procesamiento de Datos del Cuerpo de Bomberos del Distrito Metropolitano de Caracas e integración a otras instituciones públicas de Caracas.**

**Profesor Tutor: Ing. Dan El Montoya**

**Caracas. U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica.**

**Especialidad: Redes y Comunicaciones de Datos.**

**Institución: Cuerpo de Bomberos D.M.C. 2007 96 h. + glosario + anexos.**

**Palabras Claves: WIMAN, 802.11g**

**Resumen.** El presente trabajo especial de grado tiene como objetivo principal el estudio de factibilidad de las diferentes alternativas de comunicación de voz, video y datos para la conectividad de los cuarteles adscritos al Cuerpo de Bomberos del Distrito Metropolitano de Caracas (CBDMC). En base al estudio, se plantea el diseño de una red inalámbrica de área metropolitana (WIMAN), que permita dar solución al problema de comunicaciones además de integrar los cuarteles de bomberos tanto a la intranet del CBDMC, como a otras instituciones públicas de Caracas. La información a transmitir en este sistema son datos de servicios de bomberos, como operaciones contra incendio, rescate, manejo de materiales peligrosos y servicios de medicina de emergencia prehospitalaria, con fines de almacenamiento y posterior procesamiento estadístico. El área de Prevención e Investigación de incendio podrá usar este sistema para la transmisión de expedientes de inspecciones o siniestros entre las diferentes delegaciones adscritas a esta área, y en el futuro se podrá implementar un sistema de video conferencia a través de este medio.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente gracias a Dios, por haberme dado la oportunidad de vivir esta experiencia y culminarla. Además por estar rodeado de personas importantes en mi vida.

Agradezco a la ilustre Universidad Central de Venezuela, y en especial a la Escuela de Ingeniería Eléctrica por darme la oportunidad de realizar esta especialización.

Muchos agradecimientos al Prof. Dan El Montoya, quien fue mi tutor en este trabajo de grado y me prestó su ayuda y colaboración en el momento requerido durante el desarrollo del proyecto.

Agradezco al Instituto Nacional de Estadísticas en especial al prof. Elías Eljuri Abraham por su valiosa colaboración en el desarrollo del presente proyecto, así como también a la Red Platino, Lic. Edilna Rivas y su equipo de trabajo por todo ese aporte que otorgaron en la realización del proyecto.

Agradezco al personal del Cuerpo de Bomberos del Distrito Metropolitano de Caracas involucrado en este proyecto, tales como oficina de informática y telecomunicaciones por la colaboración prestada. Así como también al personal de primera línea de mando Coronel Francis Figueras de Morales y Coronel William Martínez por su apoyo en el desarrollo de este proyecto.

## INDICE GENERAL

| Pág. Preliminares                                    | Pág  |
|--|------|
| Veredicto  | i    |
| Resumen  | ii   |
| Agradecimientos                                      | iii  |
| Lista de figuras                                     | vii  |
| Lista de tablas                                      | viii |
| Acrónimos  | ix   |
| INTRODUCCIÓN   | 1    |
| CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA               | 3    |
| 1. Situación Actual de la red del Cuerpo de Bomberos | 3    |
| 2. Objetivo General                                  | 5    |
| 3. Objetivos Específicos                             | 5    |
| 4. Alcance   | 6    |
| CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO                           | 7    |
| 1. Enlaces Digitales Dedicados                       | 7    |
| 2. Radio Enlace                                      | 8    |
| 3. ABA (Acceso de Banda Ancha)                       | 9    |
| 4. VSAT (Sistema de Enlace Satelital)                | 11   |
| 5. VPN (Red Privada Virtual) sobre X.25              | 13   |
| 6. Sistema Frame Relay (Ráfaga de Trama)             | 14   |
| 7. Dial-Up (Acceso mediante discado)                 | 15   |
| 8. Comunicaciones Inalámbricas (Wireless)            | 16   |
| 8.1. Redes Inalámbricas                              | 17   |
| 8.2. Reseña histórica de las redes inalámbricas      | 18   |
| 8.3. Evolución del 802.11                            | 19   |
| 8.4. Funcionamiento de las Redes Inalámbrica         | 22   |
| 8.5. Aplicaciones en las redes inalámbricas          | 23   |
| 8.6. Ventajas de las redes inalámbricas              | 25   |
| 8.7. Desventajas de las redes inalámbricas           | 28   |

|  |           |
|--|-----------|
| 8.8. Topologías  | 29        |
| 8.9. Medios del nivel físico 802.11                                    | 31        |
| 8.10. Velocidad  | 31        |
| 8.11. Rango de bandas asignadas  | 33        |
| 8.12. Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias (CUNABAF) | 33        |
| 8.13. Nivel de control de acceso al medio MAC                          | 34        |
| 8.13.1. Entrega confiable de datos                                     | 34        |
| 8.13.2. Control de Acceso  | 35        |
| 8.13.3. Formato de la trama MAC  | 39        |
| 8.14. HANDOVER.  | <b>40</b> |
| 8.15. El Proceso de Handover.  | 42        |
| 8.16. Pasos lógicos del HANDOVER.                                      | 42        |
| 8.16.1. Niveles Máximos de Potencia del Transmisor.                    | 44        |
| 8.16.2. Potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE)                 | 45        |
| 8.16.3. Regulación de los Niveles de Potencia en Norte América.        | 45        |
| 8.16.4. Regulación de los Niveles de Potencia por la ETSI.             | 47        |
| 8.16.5. Regulación de los niveles de potencia en Venezuela.            | 48        |
| 8.17. Mecanismos de Acceso para WLANs                                  | 50        |
| 8.17.1. Protocolos por contención ó por detección de portadora         | 50        |
| 8.18. Estándar IEEE 802.16   | 51        |
| 8.19. Estándar IEEE 802.16-2004  | 52        |
| 8.19.1 Tipos de antenas para el Estándar 802.16-2004                   | 53        |
| 8.20. Aplicaciones de Antenas AA                                       | 54        |
| 8.20.1. Ventajas de utilización  | 55        |
| 8.21. OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing                 | 56        |
| 8.21.1. Técnicas de Control de Acceso                                  | 60        |
| 8.21.2 Principales características de un sistema TDMA                  | 61        |
| 8.21.3 Principales características de un sistema OFDMA                 | 62        |
| 8.21.4. W-OFDM - Wideband Orthogonal Frequency Division Multiplexing   | 63        |
| 8.21.5. Capa física (PHY) del estándar 802.16                          | 65        |



|  |     |
|--|-----|
| CAPÍTULO III: EVALUACION DE ALTERNATIVAS                                     | 66  |
| 1. Requerimientos Iniciales  | 66  |
| 2. Estudio del flujo de datos  | 68  |
| 3. Análisis técnico alternativas   | 69  |
| 4. Análisis económico alternativas   | 71  |
| CAPÍTULO IV: DISEÑO DE LA SOLUCION PROPUESTA                                 | 74  |
| 1. Tecnología Wireless   | 75  |
| 1.1. Aspectos técnicos   | 75  |
| 1.2. El proceso de modulación OFDM   | 76  |
| 1.3. Arquitectura de los sistemas FBWA WIMAN                                 | 78  |
| 2. Diseño de la red WIMAN del Cuerpo de Bomberos DMC.                        | 79  |
| 2.1. Estaciones de Bomberos “LOS “   | 80  |
| 2.2. Estaciones de Bomberos “NLOS “  | 81  |
| 3. Topología, Arquitectura, Planes de Enrutamiento y Direccionamiento IP     | 82  |
| 4. Diseño y Desarrollo de los Nodos (Ubicación de las estaciones bases)      | 82  |
| 5. Supervisión y Monitoreo de la red   | 83  |
| 6. Adecuación de la Red del Cuartel Central                                  | 83  |
| 7. Planteamiento de un Sistema de Contingencia para la comunicación de datos | 83  |
| 8. Diseño de la solución propuesta   | 84  |
| 9. Configuración del hardware  | 87  |
| 9.1. Características técnicas de las antenas                                 | 87  |
| 9.2. Antena <b>BreezeACCESS</b>  | 87  |
| 9.3. Antena <b>BreezeACCESS VL</b>   | 88  |
| 10. Pruebas realizadas   | 89  |
| 10.1. Configuración de las Antenas   | 91  |
| 10.2. Configuración de los Servidores y Conmutadores (SWITCH)                | 91  |
| CONCLUSIONES   | 92  |
| REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS   | 94  |
| GLOSARIO   | 97  |
| ANEXOS   | 120 |

## LISTA DE FIGURAS

|   | <b>Pág.</b> |
|---|-------------|
| Figura 1: Situación actual del Cuerpo de Bomberos del DMC                       | 4           |
| Figura 2: Estándares de Redes de Comunicación Inalámbrica                       | 21          |
| Figura 3: conexión punto a punto  | 22          |
| Figura 4: conexión punto-Multipunto   | 22          |
| Figura 5: conexión en Malla   | 23          |
| Figura 6 (a) Petición de envío (RTS) (b) Aprobación de envío (CTS)              | 34          |
| Figura 7. Arquitectura de la capa MAC   | 35          |
| Figura 8. Implement. de los períodos IFS. a) Método de acceso b) Supertrama PCF | 38          |
| Figura 9. Formato de la trama de control de acceso al medio (MAC)               | 39          |
| Figura 10. Definición de la IEEE 802.11 del conjunto de Servicios Extendidos    | 41          |
| Figura 11. Procedimiento de Handover  | 44          |
| Figura 12: Esquema simplificado de un Transmisor OFDM                           | 58          |
| Figura 13: El espectro de OFDM se traslapa                                      | 58          |
| Figura 14: Espectro de frecuencia típico de una señal FDM                       | 59          |
| Figura 15: Esquema simple de un Receptor OFDM                                   | 59          |
| Figura 16: esquema TDMA   | 60          |
| Figura 17: Esquema OFDMA. Cada color representa un usuario                      | 62          |
| Figura 18: Situación actual y necesidades del Cuerpo de Bomberos                | 67          |
| Figura 19: Valores del IEEE 802.11 a Vs. BreezeAcces VL                         | 76          |
| Figura 20: Parámetros principales del OFDM con canales de 20 MHz.               | 77          |
| Figura 21: Parámetros principales del OFDM con canales de 10 MHz.               | 78          |
| Figura 22: Esquema referencial de un sistema FBWA                               | 79          |
| Figura 23: Diseño propuesto para la conexión inalámbrica general del CBDMC      | 84          |
| Figura 24: Esquema de red inalámbrica que incluye los 22 cuarteles de CBDMC     | 85          |
| Figura 25: Esquema general de red inalámbrica                                   | 88          |
| Figura 26: Antena Brezze Acces para la conectividad de red WIMAN                | 89          |
| Figura 27: Conectividad a través del punto de repetición del Ávila              | 90          |

## LISTA DE TABLAS

|   | <b>Pág.</b> |
|---|-------------|
| Tabla 1. Comparación de diferentes tasas de transferencia de 802.11.                    | 20          |
| Tabla 2. Niveles de potencia para algunos países regulados por la ETSI                  | 48          |
| Tabla 3. Niveles de potencia para Venezuela regulados por CONATEL                       | 49          |
| Tabla 4. Aplicaciones en espacios según el rango de frecuencias, reguladas por CONATEL. | 49          |
| Tabla 5. Ángulos de Elevación   | 49          |
| Tabla 6: Cantidad de servicios realizados por estaciones (Trimestre I-2006)             | 68          |
| Tabla 7: Alternativas técnicas  | 69          |
| Tabla 8: Costos por servicio de las diferentes alternativas propuestas                  | 72          |
| Tabla 9: Costos de los servicios calculados para 10 estaciones en 5 años.               | <b>73</b>   |
| Tabla 10: Bandas y Frecuencias  | 75          |

## ACRÓNIMOS

|             |  |
|-------------|--|
| AA          | Adaptive antenna                                     |
| ACK         | Acknowledge  |
| AES         | Advanced Encrytion Standard                          |
| AP          | Access Point   |
| ATM         | Asynchronous Transfer Mode                           |
| ATPC        | Automatic Transmission Power Control                 |
| BPSK        | Binary Phase Shift Keying                            |
| BSS         | Basic Service Set                                    |
| C/I         | Carrier to Interferente Ratio                        |
| C/N         | Carrier to Noise Ratio                               |
| CANALES E&M | Canales Ear& Mouth                                   |
| CANTV       | Compañía Anónima Nacional Teléfonos de Venezuela     |
| CDMA        | Code Division Multiple Access                        |
| CIR         | Commited Information Rate                            |
| CONATEL     | Comisión Nacional de Telecomunicaciones              |
| CPE         | Customer Premises Equipment                          |
| CRC         | Códigos de Redundancia Cíclica                       |
| CSMA/CA     | Carrier Sense, Multiple Access, Collision Avoidance  |
| CTS         | Clear To Send  |
| CUNABAF     | Cuadro Nacional de Bandas y Frecuencias              |
| DAMA        | Demand Assigned Multiple Access                      |
| dB          | Decibelio  |
| dBi         | Decibel isotropito                                   |
| DCF         | Distributed Coordination Function                    |
| DES         | Data Encrytion Standard                              |
| DFT         | Discrete Fourier transform                           |
| DFWMAC      | Distributed Foundation Wireless Media Access Control |
| DHCP        | Dynamic Host Configuration Protocol                  |
| DIFS        | DCF Interframe Space                                 |
| DL          | Down Link  |
| DS          | Distribution System                                  |
| DSSS        | Direct-Sequence Spread-Spectrum                      |
| DTU         | Data Terminal Unit                                   |
| ESS         | Extended Service Set                                 |
| ESSID       | Extended Service Set IDentifier                      |
| ETSI        | European Telecommunications Standards Institute      |
| FBWA        | Fixed Broadband Wireless Access                      |
| FCC         | Federal Communications Commission                    |
| FDDI        | Fiber Distributed Data Interface                     |
| FDM         | Frequency-Division Multiplexing                      |
| FDMA        | Frequency Division Multiple Access                   |
| FEC         | Forward Error Correction                             |

|       |  |
|-------|--|
| FFT   | Fast Fourier Transform                             |
| FHSS  | Frequency Hopping Spread Spectrum                  |
| FIDES | Fondo Intergubernamental para la Descentralización |
| FXO   | Foreign Exchange Office                            |
| FXS   | Foreign Exchange Station                           |
| G.703 | Interfaz G.703                                     |
| GHZ   | Gigahertz  |
| GSM   | Global System for Mobile communications            |
| GPS   | Global Positioning System                          |
| IAPP  | Inter Access Point Protocol                        |
| IDFT  | Inverse Discrete Fourier Transform                 |
| IEEE  | Institute Of Electrical And Electronics Engineers  |
| IFS   | Inter Frame Space                                  |
| IPV4  | Internet Protocol Version 4                        |
| IPV6  | Internet Protocol Version 6                        |
| ISM   | Industrial, Scientific And Medical                 |
| Kbps  | Kilo Bits por Segundo                              |
| LAEE  | Ley de Asignaciones Económicas y Especiales        |
| LAN   | Local Area Network                                 |
| LOS   | Line of Sight                                      |
| MAC   | Media Access Control                               |
| Mbps  | Mega bits por segundo                              |
| MDU   | Multi Dwelling Unit                                |
| MHz   | Megahertz  |
| MIMO  | Multiple-Input Multiple-Output                     |
| MSDU  | MAC Service Data Unit                              |
| NLOS  | No Line of Sight                                   |
| OFDM  | Orthogonal Frequency-Division Multiplexing         |
| OFDMA | Orthogonal Frequency-Division Multiple Access      |
| PDA   | Personal Digital Assistant                         |
| PHY   | Physical Layer                                     |
| PIFS  | Point coordination function IFS                    |
| PIRE  | Potencia Isotrópica Radiada Equivalente            |
| PMP   | Punto-Multipunto                                   |
| PSTN  | Public Switched Telephone Network                  |
| PVC   | Permanent Virtual Circuit                          |
| PYMES | Pequeñas y Medianas Empresas                       |
| QAM   | Quadrature Amplitude Modulation                    |
| QoS   | Quality of Service                                 |
| QPSK  | Quaternary Phase Shift Keying                      |
| RAS   | Remote Access Service                              |
| RF    | Radio Frecuencia                                   |
| RS    | Repeater Station                                   |
| RS232 | Estándar de comunicación serial                    |
| RTS   | Request To Send                                    |

|        |  |
|--------|--|
| SC     | Single Carrier   |
| SDLC   | Synchronous Data Link Controller                       |
| SM     | Spatial Multiplexing                                   |
| SNMP   | Simple Network Management Protocol                     |
| SNR    | Signal to Noise Ratio                                  |
| SOHO   | Small Office Home Office                               |
| SS     | Subscriber Station                                     |
| STA    | Station con NIC inalámbrica                            |
| SU     | Subscriber Unit  |
| SU-A   | Subscriber Unit-A                                      |
| SU-D   | Subscriber Unit  |
| TDM    | Time Division Multiplexing                             |
| TDMA   | Time Division Multiple Access                          |
| TE     | Terminal Equipment                                     |
| ToS    | Type of Service  |
| UIT    | Unión Internacional de Telecomunicaciones              |
| UL     | UP-LINK  |
| U-NII  | Unlicensed National Information Infrastructure         |
| V.35   | Interfaz empleada en telecomunicaciones                |
| V5.1   | protocols for Access Network                           |
| VLAN   | Virtual LAN  |
| VoIP   | Voice over IP  |
| VPN    | Virtual Private Network                                |
| VSAT   | Very Small Aperture Terminal                           |
| WAN    | Wide Area Network                                      |
| WEB    | Fuente de información World Wide Web                   |
| WEP    | Wired Equivalent Privacy                               |
| Wi-Fi  | Wireless Fidelity                                      |
| WIMAN  | Wireless ISP   |
| WIMAX  | Worldwide Interoperability for Microwave Access        |
| WLAN   | Wireless Local Area Network                            |
| WOOFDM | Wide OFDM  |
| xDSL   | x Digital Subscriber Line; donde x = A, I, H, S, R o V |

## INTRODUCCIÓN

El cuerpo de Bomberos de Caracas, creado el 5 de Julio de 1937, comenzó operaciones en una torre de cuatro pisos y tres balcones que en esa época eran suficientes para vigilar la ciudad y atender posibles emergencias. Para la época eran limitadas las comunicaciones por lo que el Cuerpo de Bomberos contaba sólo con dos líneas telefónicas y un radio transmisor a una sola frecuencia. Hoy en día el Cuerpo de Bomberos, adscrito a la Alcaldía Metropolitana de Caracas, cuenta con una sede central de bomberos y 21 cuarteles de bomberos distribuidos en todo el Distrito Metropolitano de Caracas. Por esta razón es necesario mantener actualizada las estadísticas de las operaciones de manera que las instancias de decisión actúen sobre informaciones confiables.

El trabajo que se presenta a continuación persigue como fin la actualización tecnológica de las redes que maneja la base de datos. El proyecto consiste en el diseño de un sistema de redes LAN/MAN para el Cuerpo de Bomberos del Distrito Metropolitano de Caracas (CBDMC). Esto incluye el Cuartel Central de Bomberos y las estaciones o cuarteles secundarios. Para llevarlo a cabo, se requiere el diseño e instalación de al menos cuatro (4) redes LAN en los cuarteles de La Urbina, El Cafetal, La Morán y San Bernardino, dado que en estas sedes se prestan los servicios de operaciones, prevención, manejo de materiales peligrosos, rescate y ambulancia, servicios que demandan un alto tráfico de datos. Otro aspecto importante es la adecuación de la red existente en el Cuartel Central y su integración con el sistema de redes LAN. El transporte de la información entre las redes debe garantizar los parámetros básicos de confiabilidad y seguridad, para el monitoreo desde la Oficina de Informática del Cuerpo de Bomberos del Distrito Metropolitano de Caracas (DMC).

Actualmente en la sede central del Cuerpo de Bomberos DMC, mediante un sistema de bases de datos, se realiza el procesamiento estadístico de la información. Sin embargo, existen serios inconvenientes en las fases de recolección y divulgación de la información, motivado principalmente a la carencia de una plataforma tecnológica que soporte tales servicios.

El sistema actual de transporte de datos se realiza a través de la mensajería tradicional, de la telefonía y del transporte automotriz.

El trabajo abarca las siguientes etapas:

1. Levantamiento de información y Análisis de la situación actual
2. Bases teóricas de las redes inalámbricas
3. Investigación de los requerimientos para el nuevo sistema
4. Evaluación técnica y económica de las diferentes alternativas de solución
5. Diseño del nuevo sistema “solución propuesta”.
6. Recomendaciones



## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

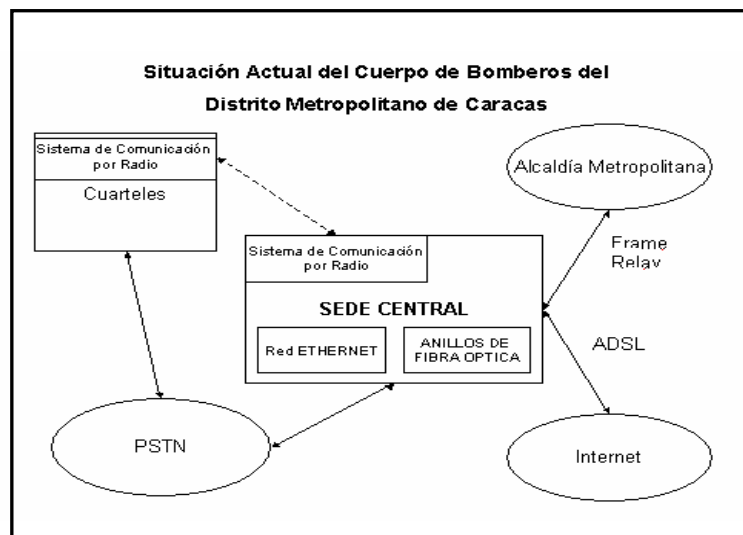
#### 1. Situación Actual de la red del Cuerpo de Bomberos

Actualmente, no existe una plataforma de comunicaciones de datos, entre la central y los cuarteles de bomberos, ya que no se cuenta con ninguna conexión para este servicio. Usualmente se utiliza el servicio de radiocomunicaciones para el intercambio de información referente a los eventos de emergencia (incendios, rescate, manejo de materiales peligrosos y medicina de emergencia pre-hospitalaria), envío de estadísticas de los reportes de servicio, así como la mensajería tradicional (automotriz). Todo lo cual conlleva a que el procesamiento de la información estadística de los eventos de los servicios de bomberos (investigaciones de zonas de alto riesgo, casos de emergencias atendidos, campañas de prevención realizadas, siniestros de alto y bajo impacto) no se realice en el tiempo mínimo establecido en los procedimientos de la organización. Este tiempo mínimo de entrega debe darse al día siguiente de la ocurrencia de un evento.

Los medios utilizados, para dicho intercambio de información, presentan las siguientes deficiencias:

- Retraso en el envío y recepción de datos entre la sede central y los cuarteles que conforman el cuerpo de bomberos. Este proceso actualmente se demora hasta 1 semana, para la entrega final de un reporte, en vez de realizarse en pocos minutos como lo requiere la importancia de la información.
- El uso de medios magnéticos adolece de operatividad, porque es susceptible a daños y no garantiza que la misma se encuentre almacenada y respaldada de forma segura.

- La limitación en el óptimo manejo de la gran cantidad de información recibida en la sede central, así como el empleo de medios magnéticos e impresos, no facilitan el intercambio de grandes volúmenes de datos, entre los cuarteles.
- Carencia de confidencialidad en el manejo de la información.
- Peligro de adulteración o modificación de los contenidos. Debido a la falta de automatización no se identifican o describen actividades específicas. Los reportes se realizan de manera subjetiva (abierta a posibles modificaciones y malas interpretaciones) generando análisis errados y confusos de los hechos.
- Reducida cobertura geográfica. Actualmente las sedes del cuerpo de bomberos están distribuidas a lo largo de toda la zona metropolitana, y por los canales de información actuales no se tiene rápido acceso.
- Dificultad en el establecimiento del origen genuino de los datos. Determinar el origen de la información no siempre se logra debido a las deficiencias del canal de transmisión ya mencionadas.
- Falta de elementos de seguridad adicionales como disponibilidad y rechazo de los datos no confiables.
- Algunos cuarteles no poseen línea telefónica, asimismo solo 2 de 22 cuarteles tienen red LAN.



**Figura 1: Situación actual del Cuerpo de Bomberos del DMC**

## **2. Objetivo General**

El objetivo general del trabajo es diseñar una red LAN/MAN para el transporte y procesamiento de datos correspondientes a las actividades diarias del Cuerpo de Bomberos del Distrito Metropolitano de Caracas y la integración de este sistema a las herramientas de información de los demás entes gubernamentales del Estado a través de la plataforma de Internet, la Plataforma Nacional de Información del Estado (portal dedicado a la difusión de información y servicios para la entidades gubernamentales) y la Plataforma de CNTI (Centro Nacional de Tecnologías de Información).

## **3. Objetivos Específicos**

Los objetivos específicos del trabajo se presentan a continuación:

- Determinar las características técnicas del parque informático y de comunicaciones para el transporte de datos tanto en el Cuartel Central de Bomberos como en los cuarteles del Cuerpo de Bomberos del Distrito Metropolitano de Caracas
- Determinar el estado de la tecnología existente en el organismo.
- Evaluar técnicamente las diferentes plataformas de interconexión a establecer en las diferentes sedes del Cuerpo de Bomberos del Distrito Metropolitano de Caracas (CBDMC).
- Establecer las adecuadas interconexiones y comunicaciones derivadas de un estudio previo de necesidades entre los diferentes cuarteles y el Cuartel Central de Bomberos.
- Planificar y Diseñar redes LAN/MAN con una plataforma de tecnología de punta para la comunicación de voz y datos, que asimismo soporte la transmisión de video, que permita procesar la información en tiempo real para una eficiente prestación de los servicios de bomberos.

#### **4. Alcance**

El proyecto abarcará las fases de diagnóstico, levantamiento de la situación actual del Cuerpo de Bomberos del Distrito Metropolitano de Caracas, evaluación de alternativas y el diseño de la propuesta de red LAN/MAN.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

En este capítulo se describen, los protocolos y herramientas relacionados directa o indirectamente con las redes inalámbricas.

#### **1. Enlaces Digitales Dedicados**

Este servicio es ofrecido por la empresa CANTV. El servicio de red dedicado punto a punto, permite la transmisión de voz, datos y video mediante enlaces digitales de alta velocidad, confiabilidad, con amplia cobertura nacional. Este servicio utiliza la Tecnología de Multiplexión en Tiempo (TDM). Las aplicaciones principales que este servicio ofrece son:

- Servicio de Voz
- Canales de voz comprimidos a 32 kbps, 16 kbps y 8 kbps para la interconexión de centrales telefónicas a través de canales E&M.
- Canales comprimidos a 32 kbps, 16 kbps y 8 kbps para extensiones remotas FXS, FXO, con capacidad de envío y recepción de fax.
- Servicio de datos
- Canales de datos a velocidades variables desde 9,6 kbps hasta 2.048 kbps, con disponibilidad de diversas interfases físicas, tales como: RS232, V.35, G.703, según la velocidad.
- Servicio de video
- Videoconferencia desde 128 Kbps.

Las ventajas que ofrecen los enlaces dedicados son las siguientes:

- Integración de voz, datos y video a través de una sola solución.
- Tarifa plana independientemente del uso
- Interconexión digital con cualquier ciudad del país, amplia cobertura nacional.
- Acceso internacional.
- Al operar mediante TDM el retardo es despreciable teniendo la voz y el video una alta calidad.
- Ancho de Banda hasta 2 Mb/s

Las desventajas que ofrecen los enlaces dedicados son las siguientes:

- Se requiere un enlace dedicado con cada estación de bomberos (cuarteles); lo cual limita a que el enrutador principal pueda tener una interfaz por enlace (21) y soportar las futuras expansiones a otros enlaces.
- Como consecuencia del punto anterior, se dificulta el mantenimiento de los circuitos
- Elevado costo.

## **2. Radio Enlace**

El radio enlace es un tipo particular de enlace dedicado que emplea sistemas de radio de microondas terrestres, para satisfacer las necesidades de comunicación donde no exista posibilidad de prestar el servicio a través de la plataforma de cableado de CANTV. Las aplicaciones principales de este servicio son las que se mencionan a continuación:

- Servicios de voz y datos
- Servicio telefónico remoto
- Servicio de radiodifusión de televisión

- Trabajadores de campo
- Manejo de flotas, despacho y control de operaciones
- Campos locales
- Usuarios privados

Este servicio permite integrar dentro de una red conmutada o dedicada cualquier localidad que no se encuentre cubierta por la red de CANTV, permitiendo de esta manera dar una solución completa a todas las necesidades de cobertura e integración al cliente.

Las desventajas de los sistemas de radio enlace son:

- Se requiere un enlace dedicado con cada estación de bomberos (cuarteles); lo que limita a que el enrutador principal pueda tener una interfaz por enlace (21) y soportar las futuras expansiones a otros enlaces.
- Como consecuencia del punto anterior, se dificulta el mantenimiento de los circuitos
- Elevado costo

### **3. ABA (Acceso de Banda Ancha)**

El servicio ABA es ofrecido por CANTV. Este servicio pertenece a la tecnología ADSL (Línea de Subscriptor Digital Asimétrica), la cual esta integrada a la familia del grupo xDSL.

Bajo el nombre xDSL se derivan una serie de tecnologías que permiten el uso de una línea de cobre (la que conecta nuestro domicilio con la central Telefónica) para transmisión de datos de alta velocidad y, a la vez, para el uso normal como línea telefónica. Se llaman xDSL ya que los acrónimos de estas tecnologías acaban en DSL, en inglés "Digital Subscriber Line" (línea de abonado digital): IDSL, HDSL, SDSL, ADSL, VDSL.

Para usar xDSL se requiere:

- Una línea telefónica acondicionada para funcionar con DSL.
- Un MODEM que soporte DSL.
- En algunos casos un filtro para separar la línea de voz de la línea de datos.
- Pertener a una central con disponibilidad de ABA.
- Estar conectado con un par de cobre puro (ni Multiplicadores de Pares, ni Telefónica Pública, ni cobre pupinizado y no tener Hilo Musical).

Las ventajas del servicio ABA son:

- Conexión dedicada las 24 horas, los 365 días del año.
- Altas velocidades de navegación. Desde 384 Kbps hasta 1536 Kbps, según el plan seleccionado.
- No ocupa la línea telefónica.
- Tarifa plana mensual por consumo de Internet sin cargos adicionales por consumo telefónico.
- Megas ilimitados sin cargo adicional.
- Conexión de uno a varios computadores, según el plan seleccionado.
- Conexión donde quiera que esté a través de una cuenta dial-up asociada a su plan ABA.

Las desventajas del servicio ABA son:

- Permite como máximo tres extensiones o aparatos conectados.
- ABA sólo funciona a través de pares de cobre. No funciona con CPA.
- ABA no funciona con bloqueadores del “cero”. Se recomienda eliminarlo.
- Para la conexión el usuario debe encontrarse ubicado dentro de un radio de 5 Km. de la Central Telefónica.

Cada una de estas tecnologías xDSL tienen distintas características en cuanto a prestaciones (velocidad de la transmisión de datos) y distancia de la central (ya que



el cable de cobre no está diseñado para ello, a mayor distancia la prestación del servicio disminuye).

#### **4. VSAT (Sistema de Enlace Satelital)**

Este servicio es ofrecido por las empresas IMPSAT (sistema “Minidat”), CANTV y Teleport. Las siglas significan Terminal de Apertura muy Pequeña, (VSAT =Very Small Aperture Terminal) y refieren a un aparato (estación terrestre) que se utiliza para recibir transmisiones desde un satélite. La expresión 'muy pequeña' como parte de la sigla VSAT, se refiere al tamaño de la antena de plato de estas estaciones, por lo general entre 3 y 6 pies (90 y 180 cm.) de diámetro, la cual se instala en un muro de techo o azotea, o se fija en el suelo. Esta antena, junto con un bloque pre-amplificador de bajo ruido integrado (LNB receptor de la señal del satélite) y el transmisor, constituye la unidad para exteriores de la VSAT.

El segundo componente de la estación terrestre VSAT es la unidad interior. Consiste en un gabinete pequeño para escritorio o una PC, que contiene los tableros receptor y transmisor y una interfaz para comunicarse con el equipo doméstico existente del usuario, que puede ser una red de área local (LAN), servidores, varias PC, televisores, etc. La unidad interior se conecta a la exterior por medio de un par de cables.

La ventaja de una estación terrestre de VSAT sobre una conexión de red terrestre típica, es que las VSAT no están limitadas por el alcance del cableado subterráneo. Una estación terrestre de VSAT puede instalarse en cualquier parte, con tal que tenga una 'vista' sin estorbos hacia el satélite y se encuentra dentro del área geográfica de cobertura del mismo. Las VSAT son capaces de enviar y recibir todo tipo de señales de video, datos y audio, a la misma alta velocidad, independientemente de su distancia respecto del centro de conmutación terrestre y su infraestructura.

Desde hace tiempo, las redes de comunicación satelital de VSAT han ofrecido comunicación muy confiable entre una estación central y casi cualquier número de

sitios geográficamente dispersos. Desde lo que solían ser datos sobre puntos de venta al menudeo e información noticiosa y financiera, las aplicaciones de las redes de VSAT han crecido hasta incluir monitoreo ambiental y vigilancia de tuberías, localizadores personales, lotería en línea, aprendizaje a distancia, servicios en gasolineras, transmisión privada de voz e Internet, así como la emisión a alta velocidad de música y video.

Las ventajas del servicio VSAT son las siguientes:

- Servicio de transmisión de voz y datos basado en enlaces satelitales.  
La comunicación se establece a través de una estación maestra o HUB, un satélite y una o varias remotas o VSAT
- El acceso para la transmisión de voz es del tipo DAMA (Acceso Múltiple por Asignación según Demanda) que permite ahorros en el segmento espacial al poder comunicar dos estaciones remotas mediante un sólo salto de satélite.
- La topología de la red de datos es de tipo estrella, por lo que la transmisión de información es entre las remotas y el HUB
- Estaciones remotas (VSAT) de 2,4 metros de fácil instalación.
- Velocidades disponibles desde los 64 kbps hasta 128 kbps
- Velocidades: Subida: 32K Bajada: 64K
- Transmisiones de voz, datos y video independiente.
- No requiere de enlace terrestre.
- 6 IP's Reales para repartir a un numero indefinido de IP's virtuales.
- Permite el diseño de redes privadas a la medida de las necesidades del cliente.
- Soporte de tráfico LAN y Redes multiprotocolo
- Fácil reubicación.
- Con cobertura nacional e internacional.

Las desventajas de la tecnología VSAT son:

- Reducido número de direcciones IP válidas.
- Tope del ancho de banda en 128 Kb/s.
- Su confiabilidad y disponibilidad depende de las condiciones atmosféricas.

## **5. VPN (Red Privada Virtual) sobre X.25**

Este servicio es de alta calidad y confiabilidad exclusivo para la transmisión de datos basado en la tecnología de conmutación de paquetes X.25, lo que proporciona la facilidad de crear una red privada usando una plataforma compartida.

La arquitectura de la red está conformada por nodos de acceso y nodos de enrutamiento, gestión y enlaces digitales y con rutas de transmisión alterna para garantizar una alta disponibilidad y un bajo retardo.

La arquitectura de la red es flexible, asegurando la ampliación y actualización de la misma de una forma fácil y segura para adaptarse a las necesidades del cliente.

Las ventajas de las redes X.25 son:

- Velocidades de acceso desde 19,2 kbps hasta 64 kbps.
- Flexibilidad de topología, según requerimientos del cliente: punto a punto, punto- multipunto, mallada.
- Plataforma con capacidad de monitorear y controlar el sistema hasta los predios del cliente, garantizando de esta forma una rápida respuesta en caso de averías de los elementos de la red y/o líneas de acceso.
- Cobertura nacional e internacional.
- Recursos de la red ajustados a la necesidad del cliente
- Servicio de alta calidad, bajos tiempos de retardo.
- Manejo de diferentes protocolos, X.25; SDLC.
- Esquema tarifario ajustado al uso y necesidad del cliente.

Las desventajas de las redes X.25 son:

- No se puede incrementar la velocidad de transmisión por encima de 64 Kb/s.
- No soporta voz y video.
- Gran tiempo de retardo en las conexiones.

## **6. Sistema Frame Relay (Ráfaga de Trama)**

Este servicio es ofrecido por CANTV. El sistema Frame Relay es un servicio de transporte de datos basado en el protocolo Frame Relay, el cual permite la conmutación de tramas, garantizando un uso dinámico del ancho de banda. Permite la transmisión de datos a velocidades desde 64 kbps hasta 2.048 kbps a través de Circuitos Virtuales Permanentes (PVC's). Se garantiza un ancho de banda (CIR: Committed Information Rate, Tasa de información Confirmada) y la posibilidad de transmitir con un ancho de banda mayor al CIR cuando exista capacidad disponible de la red.

Frame Relay proporciona conexiones entre usuarios a través de una red pública, del mismo modo que lo haría una red privada con circuitos punto a punto. De hecho, su gran ventaja es la de reemplazar las líneas privadas por un sólo enlace a la red. El uso de conexiones implica que los nodos de la red sean conmutadores, y las tramas deben de llegar ordenadas al destinatario, ya que todas siguen el mismo camino a través de la red.

Las redes Frame Relay se construyen partiendo de un equipamiento de usuario que se encarga de empaquetar todas las tramas de los protocolos existentes en una única trama Frame Relay. También incorporan los nodos que conmutan las tramas Frame Relay en función del identificador de conexión, a través de la ruta establecida para la conexión en la red.

Las aplicaciones principales de este servicio son las siguientes:

- Interconexión LAN a LAN.

- Transferencia de altos volúmenes de datos.
- Acceso a sistemas de información centralizados desde localidades remotas
- Posibilidad de integrar voz y datos.

Las ventajas de la tecnología Frame Relay son:

- Velocidad de acceso escalable desde 64 kbps hasta 2.048 kbps según crezcan las necesidades de los nodos
- Cobertura nacional con alta disponibilidad y confiabilidad
- Ofrece una plataforma de gestión y monitoreo de los circuitos
- Acceso internacional
- Frame Relay es capaz de manejar tráfico de datos por ráfagas, dada su habilidad para proporcionar ancho de banda adicional cuando existen recursos disponibles en la red
- Tarifa plana independientemente del uso
- Reduce gastos telefónicos entre el Cuartel central de bomberos y sus cuarteles
- Se puede aplicar QoS (Calidad de Servicio) a la medida
- Tiene cobertura en las capitales de estado del país

Las desventajas de la tecnología Frame Relay son:

- No permite transmisión de video de alta calidad
- En algunos casos, puede resultar más costoso que un enlace dedicado

## **7. Dial-Up (Acceso mediante discado)**

Este servicio se obtiene a través de una conexión telefónica, la cual es utilizada para transmitir y recibir datos. En el extremo remoto debe existir un Servidor de Acceso Remoto (RAS) que convierte el formato de señales telefónico a Ethernet. Adicionalmente, un servidor de autenticación se encarga de verificar la identidad del usuario origen para permitir su acceso a la red.

Por sus grandes limitaciones en velocidad de transmisión (alrededor de 30 Kb/s), este sistema no puede usarse para enlaces principales. Sin embargo se puede emplear como enlace de respaldo mediante la creación de cuentas de usuario por nodo en caso de fallas en el enlace principal. También puede hacerse uso de la técnica de redes virtuales privadas (VPN) mediante enlaces discados. Con esta técnica, a pesar de ser un acceso remoto, la información se envía en modo encriptado a través de un proveedor.

## **8. Comunicaciones Inalámbricas (Wireless)**

En todo el mundo, el fenómeno de la tecnología Wireless (inalámbrica) se expande rápidamente, sobre todo en Estados Unidos, donde se acoge el también llamado Wi-Fi con voracidad.

En 1997 Lucent Technology creó la primera tarjeta wireless de la historia, surgía la estandarización de las redes locales inalámbricas (conocidas como 'Wireless LAN'), y paralelamente al puro negocio, nació una red de cooperativas wireless. La idea consistía en compartir las redes de acceso con cualquier internauta para conseguir conectarse a Internet sin cables desde cualquier punto de una ciudad. Una idea altruista que también está relacionada con otros activismos informáticos, como el de la promoción del software libre o el rechazo a las patentes de software.

El precio de la tecnología y las dificultades urbanísticas que impiden que llegue la señal son algunos de los problemas con los que se encuentran los usuarios de estas redes libres.

Sin embargo esta tecnología se considera una propuesta o una solución económica y fiable para conexiones “Punto-Multipunto” fuera del área (Outdoor) en bandas sin licencia (2,4 GHz y 5,4GHz). Al usar la tecnología de conmutación de paquetes optimizada para aplicaciones basadas en IP y operar en condiciones adversas por atenuaciones debidas a pérdidas de espacio libre, ésta tecnología asegura una transmisión de datos basada en paquetes fiables, sin interferencia y con una conexión “siempre en línea”. Ya se proporcionan equipos de Abonado (CPEs) para

todo tipo de clientes como los residenciales, SOHO (Oficina Pequeña, teletrabajo), PyMES (Pequeñas y Medianas Empresas), MDU. Además ya esta tecnología suministra la mayor cantidad total de CPEs por celda (500 unidades de usuarios por celda).

### **8.1. Redes inalámbricas**

Los productos de redes inalámbricas usan normalmente alguna forma de radio u ondas luminosas; son los llamados medios no acotados, en oposición a los medios acotados, que se refieren a las redes de cables. Estos medios permitirán a los usuarios de los diferentes cuarteles de bomberos del Distrito Metropolitano de Caracas debidamente equipados, interactuar con la red LAN del cuartel central, simplemente como si estuvieran conectadas entre ellas con cables. Los productos de redes inalámbricas han tenido durante algún tiempo una reputación de rendimiento pobre y de poco fiables. Pero recientemente estas tecnologías se han desarrollado y compiten con la tecnología DSL, de tal manera que las redes inalámbricas actuales son llamadas de banda ancha. La utilidad de una red inalámbrica de banda ancha para el cuerpo de bomberos, sería una herramienta profesional para los usuarios de la organización.

En 1997 el IEEE publicó la primera versión de un estándar que define las especificaciones de los niveles físicos y de enlace de datos de un protocolo de red de área local inalámbrica que tenía que cumplir los siguientes requisitos:

1. El protocolo debía admitir estaciones fijas, portátiles o móviles dentro de un área determinada. La diferencia entre portátil y móvil es que una estación portátil puede acceder a una red desde varios sitios fijos, mientras que una estación móvil puede hacerlo mientras está en movimiento.
2. El protocolo debía proporcionar conectividad inalámbrica a maquinaria automática, equipos o estaciones que necesiten un rápido despliegue, es decir, un rápido establecimiento de las comunicaciones.
3. El protocolo debía poderse desplegar de modo global.

## 8.2. Reseña histórica de las redes inalámbricas

El conocimiento de los principios radioeléctricos es crítico para comprender como funcionan las diversas técnicas de comunicaciones inalámbricas. En los primeros sistemas de telecomunicación (especialmente en el ámbito de telefonía), la propagación radioeléctrica formaba parte del desarrollo de la red. A medida que surgían sistemas nuevos, las mejoras y modificaciones permitieran que las redes transportaran todo tipo de comunicación: voz, datos, telegrafía, imagen, fax y video.

En 1990, se configuró un nuevo comité IEEE, llamado 802.11, destinado a iniciar un estándar. Pero no fue hasta 1997 (8 años más tarde) cuando se publicó este nuevo estándar (802.11) y comenzó la nueva era tecnológica para las comunicaciones, ya que Lucent Technologies, creó la primera tarjeta wireless y el IEEE publicó la primera versión de un estándar que define las especificaciones de los niveles físicos y de enlace de datos de un protocolo de red de área local inalámbrica que tenía que cumplir los siguientes requisitos:

- 1.- El protocolo debía admitir estaciones fijas, portátiles o móviles dentro de un área determinada. La diferencia entre portátil y móvil es que una estación portátil puede acceder a una red desde varios sitios fijos, mientras que una estación móvil puede hacerlo mientras está en movimiento.
- 2.- El protocolo debía proporcionar conectividad inalámbrica a maquinaria automática, equipos o estaciones que necesiten un rápido despliegue, es decir, un rápido establecimiento de las comunicaciones.
- 3.-El protocolo debía poderse desplegar de modo global.

El estándar IEEE 802.11 se basa en el mismo marco de estándares que Ethernet, lo que garantiza un excelente nivel de interoperatividad y asegura una implantación sencilla de las funciones y dispositivos de interconexión Ethernet/WLAN.

En los dos años siguientes (1999) se ratificaron dos nuevas versiones: 802.11b que funciona en la banda ISM (industria, medicina y ciencia) de 2,4 GHz y 802.11a



que opera en las bandas de la UNII (infraestructura de información nacional sin licencia) de 5,3 GHz y 5,8 GHz

La popularidad de Wi-Fi despegó realmente con el crecimiento del acceso a Internet de banda ancha y alta velocidad de los hogares. Fue y todavía sigue siendo el modo más rápido de compartir un enlace de banda ancha entre varios ordenadores de una misma casa. El crecimiento de los puntos de conexión y de los puntos de acceso públicos gratuitos ha incrementado la popularidad de Wi-Fi. La última variante o versión creada fue 802.11g. Como 802.11a, utiliza un formato de formulación más avanzado denominado OFDM (multiplexión de división de frecuencia ortogonal), aunque puede utilizarse en la banda de 2,4 GHz. 802.11g puede alcanzar velocidades de hasta 54 Mbps.

### **8.3. Evolución del 802.11**

Actualmente, las WLAN 802.11a/b/g ofrecen un rendimiento adecuado para las aplicaciones de redes de hoy día en las que la conveniencia de una conexión inalámbrica es un valor fundamental. La próxima generación de aplicaciones inalámbricas requerirá mayor capacidad de procesamiento de datos de WLAN y los usuarios reclamarán más rango. En respuesta a estas necesidades, los grupos de productos de Intel y el departamento de I+D de Intel trabajan conjuntamente con el grupo de trabajo de IEEE 802.11n y la alianza Wi-Fi

El objetivo del grupo de trabajo de 802.11n consiste en definir las modificaciones realizadas a PHY/MAC que ofrece un mínimo de 100 Mbps de capacidad de proceso en el punto de acceso de servicios (MAC SAP). Este requisito mínimo de capacidad de proceso cuadruplica aproximadamente el rendimiento de la capacidad de proceso de la WLAN en comparación con las redes 802.11a/g actuales. Se espera que la capacidad de proceso "sobre el aire" supere los 200 Mbps para cumplir el requisito de 100 Mbps de MAC SAP. Otras mejoras necesarias son el rango a determinadas capacidades de proceso, la robustez para interferir y un servicio más uniforme y mejorado en el seno de la cobertura de un punto de acceso (BSS).

**Tabla 1. Comparación de diferentes tasas de transferencia de 802.11.**

| <b>Estándar WLAN IEEE</b> | <b>Estimaciones sobre el aire (OTA)</b> | <b>Estimaciones de la capa de control al acceso de medios, punto de acceso de servicios (MAC SAP)</b> |
|---------------------------|---|---|
| 802.11b                   | 11 Mbps                                 | 5 Mbps  |
| 802.11g                   | 54 Mbps                                 | 25 Mbps (cuando .11b no está presente)  |
| 802.11g                   | 54 Mbps                                 | 25 Mbps   |
| <b>802.11n</b>            | <b>200+ Mbps</b>                        | <b>100 Mbps</b>   |

Los canales de distribución de banda ancha más amplios y las configuraciones de antena múltiples pueden llevar a tasas de transferencia de datos de 500 Mbps.

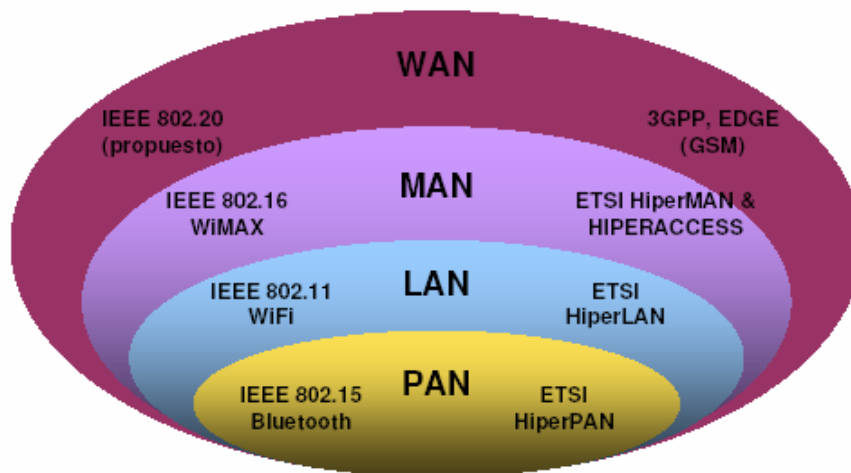
El grupo de trabajo también garantizará una transición sin problemas exigiendo compatibilidad con versiones anteriores y con las soluciones existentes de WLAN IEEE (802.11a/b/g).

Intel ha contribuido al desarrollo del estándar 802.11n de muchos modos. Intel presidió el comité del grupo de trabajo responsable de los documentos fundamentales utilizados para guiar el desarrollo del grupo del estándar 802.11n. Como parte de este grupo de trabajo, Intel contribuyó al desarrollo de los modelos de canal de distribución, modelos de uso, requisitos fundamentales y criterios de comparación. Intel también ha proporcionado propuestas técnicas sobre las tecnologías MAC y PHY, metodologías de medición del rendimiento y de la simulación.

A continuación se presentan otras versiones del estándar 802.11:

- En el año 2001 El IEEE publicó la versión de los estándares 802.11c y 802.11d
- En el año 2003 El IEEE publicó la versión de los estándares 802.11F y 802.11G
- En el año 2004 El IEEE publicó la versión de los estándares 802.11h, 802.11i y 802.11j
- En el año 2005 El IEEE publicó la versión de los estándares 802.11e y 802.11 Súper G
- En el año 2006 El IEEE estima publicar la versión del estándar 802.11n (nuevo reto)

Existen otros estándares para las redes inalámbricas, tal como se pueden observar en la siguiente figura:



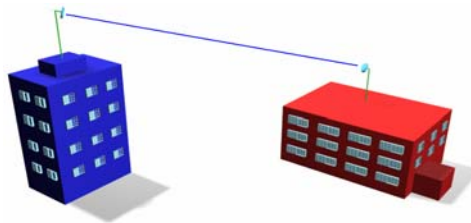
**Figura 2: Estándares de Redes de Comunicación Inalámbrica**

#### 8.4. Funcionamiento de las Redes Inalámbrica

Los tipos de transmisión que se conocen en las redes de transmisión son:

1.- Punto a punto: Las redes WLANs pueden ser básicas o complejas. La más básica se da entre dos computadores equipados con tarjetas adaptadoras para WLAN. Este esquema de conexión normalmente es llamado red de igual a igual o Punto – Punto (peer to peer).

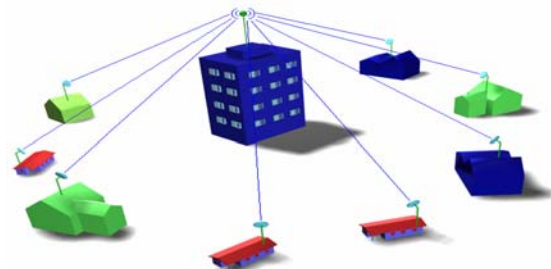
Cada cliente tendría únicamente acceso a los recursos de otro cliente pero no a un servidor central. Este tipo de redes no requiere administración.



**Figura 3: conexión punto a punto**

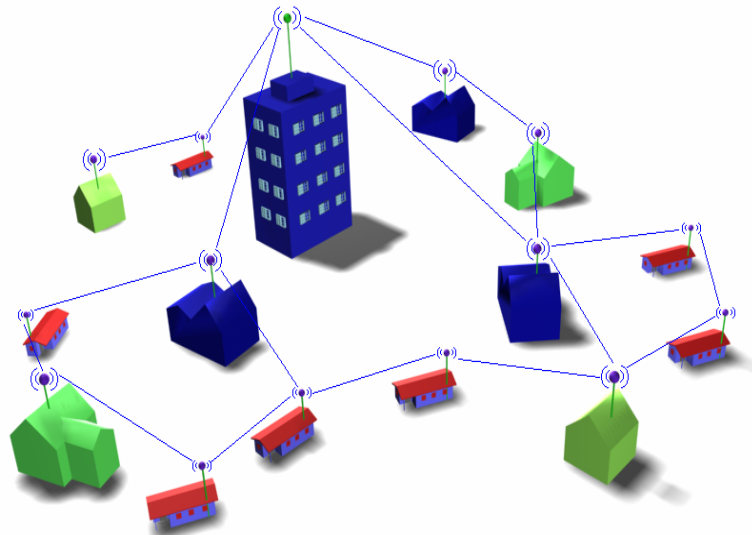
2.- Punto – Multipunto: En este esquema al menos es utilizado un punto de acceso y está conectado a la LAN cableada.

Instalando un Punto de Acceso (APs) se puede doblar el alcance al cual los dispositivos pueden comunicarse, ya que los mismos se comportan como repetidores y regeneran la señal. Una vez conectado el punto de acceso a la red cableada, cualquier cliente tiene acceso a los recursos del servidor y además los AP actúan como mediadores en el tráfico de la red en la vecindad más inmediata. Cada punto de acceso puede servir a varios clientes, según la naturaleza y número de transmisiones que tienen lugar.



**Figura 4: conexión punto-Multipunto**

3.- Red en Malla: Las Redes en Malla, o Mesh Networks a veces llamadas redes *ad hoc* se caracterizan porque cada nodo le proporciona conectividad a los nodos adyacentes.



**Figura 5: conexión en Malla**

Con esto se logra salvar obstáculos que bloquean la línea de vista y es posible suministrar más de un camino para cada nodo permitiendo un sistema más robusto, utilizado en principio por los militares, pero con interesantes aplicaciones civiles.

También prometen aliviar el problema de la interferencia ya que cada nodo transmite a muy poca potencia, y se hace un uso más eficiente del ancho de banda disponible

### **8.5. Aplicaciones en las redes inalámbricas**

A menudo, las infraestructuras de comunicación basadas en esquemas de cableado tradicionales no son factibles debido a motivos técnicos o económicos. En estos casos, los productos inalámbricos se eligen como alternativas flexibles a las redes cableadas. La tecnología inalámbrica ofrece excelentes soluciones cuando se necesitan instalaciones de redes temporales.

Algunas de las aplicaciones habituales de las redes WLAN son:

(a) Redes temporales

Cuando se necesita crear redes temporales de computación, como por ejemplo en obras de trabajo, centros de conferencia o cuartos de hotel, transmisión de eventos especiales, las soluciones inalámbricas son simples, rápidas y económicas. Desde prácticamente cualquier lugar en alguna localidad o instalación, los empleados podrán compartir archivos y recursos para gozar de una mayor productividad.

(b) Motivos arquitectónicos (leyes urbanísticas, protección de Edif. históricos, etc.)

La implantación de redes cableadas en edificios ya construidos puede presentar grandes problemas. Las leyes urbanísticas y las ordenanzas municipales destinadas a la protección de edificios históricos pueden multiplicar los costos y causar problemas técnicos al encargado de implantar las redes cableadas. Para estos casos, la implementación de redes inalámbricas evita este tipo de problemas.

(c) Aplicaciones móviles

Si se cuenta con empleados en oficinas sucursales o usuarios móviles, como fuerza de ventas, consultores o empleados que trabajan desde sus hogares, una red inalámbrica representa una estrategia excelente para ofrecerles conectividad a la red cuando visiten sus instalaciones. Una vez que sus computadoras portátiles estén equipadas para comunicarse en forma inalámbrica con la red, lo harán automáticamente cuando estén en el área de alcance de su punto de acceso inalámbrico. Las empresas no tienen que sobrecargar a su personal técnico con la instalación de conexiones y se evita el tener cables dispersos que no se utilizan, la mayoría de las veces para el uso exclusivo de sus usuarios remotos. Además, el espacio de las oficinas se usará más eficientemente porque ya no necesita mantener espacios disponibles para aquellos empleados que están presentes de forma esporádica.

(d) Soluciones de red flexibles

A veces los dueños de propiedades no permiten la instalación de cables en el piso, las paredes o los techos. Algunas veces los cables pueden ser viejos o las paredes sólidas, o podría haber asbestos en las paredes o el techo. Algunas veces no se pueden instalar cables a través de un pasillo para acceder otra de las oficinas; o tal vez no se cuente con algún espacio, frecuentado por varios empleados, donde el cableado causaría desorden y congestión.

(e) LAN interconectadas.

Se utiliza una red inalámbrica para extender cualquier red existente, evitando los costos y la complejidad de los cables. Se puede expandir la red fuera de un edificio, permitiendo que los empleados se mantengan conectados cuando se encuentren fuera, accediendo la red sin esfuerzo ni interrupciones, como cualquier persona que se conecta con cables.

## **8.6. Ventajas de las redes inalámbricas**

Es una tecnología cómoda y funcional, su ventaja principal es la movilidad. Equipos Portátiles y PDAs se han convertido en los aparatos tecnológicos más codiciados. Ofrecen conexión a Internet, pero sin necesidad de cable. Para ello, es suficiente disponer de una tarjeta y tener una red inalámbrica disponible. Universidades, hoteles, oficinas y aeropuertos ya se han sumado al llamado 'boom' wireless. Esta tecnología se considera una propuesta o una solución económica y fiable para conexiones “Punto-Multipunto” en exteriores (Outdoor) y en bandas sin licencia (2,4 GHz y 5,4GHz). Al usar la tecnología de conmutación de paquetes optimizada para aplicaciones basadas en IP y operar en condiciones adversas por atenuaciones debidas a pérdidas de espacio libre, ésta tecnología asegura una transmisión de datos basada en paquetes fiables, sin interferencia y con una conexión “siempre en línea”.

Las redes inalámbricas deben cumplir con los siguientes parámetros:

(a) Estar basada en estándares y contar con certificación Wi-Fi

El Wi-Fi es un robusto estándar de redes, comprobado a nivel de la industria de transmisión de datos, asegura que los productos inalámbricos interoperen con otros productos certificados Wi-Fi de diversos fabricantes. Con un sistema basado en Wi-Fi, los usuarios gozan de compatibilidad con el mayor número de productos inalámbricos evitando los altos costos.

La selección de una solución inalámbrica basada en estándares, que sea totalmente interoperable con redes Ethernet y Fast Ethernet, le permitirá al usuario que su red inalámbrica trabaje sin interrupciones con su sistema existente de LAN tradicional.

(b) Instalación simple

La solución inalámbrica es del tipo “plug and play” tomando solamente unos minutos para su instalación. Al conectarla, los usuarios empiezan a gozar de inmediato de los servicios en red. Para obtener una instalación aún más fácil, la solución deberá soportar el protocolo denominado Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP), el cual asignará automáticamente direcciones IP a los clientes inalámbricos. En lugar de instalar un servidor DHCP en algún aparato independiente para obtener esta capacidad de ahorro de tiempo, los usuarios deben seleccionar hubs inalámbricos que ofrezcan servidores DHCP incorporados.

Si un usuario está agregando un sistema inalámbrico a su red Ethernet, sería una buena opción potenciar un punto de acceso a través de cables estándares de Ethernet; esto le permitirá hacer que el punto de acceso funcione utilizando un voltaje bajo de corriente CC en el mismo cable que es usado para transmitir datos: eliminando la necesidad de tener una toma de poder local y un cable para cada dispositivo de punto de acceso.



(c) Robusta y confiable

Las soluciones inalámbricas son robustas con alcances de por lo menos 100 metros. Estos sistemas ofrecen una considerable movilidad dentro de las instalaciones donde operan. Un usuario puede optar por un sistema superior que automáticamente detecte el ambiente, para seleccionar la mejor señal de frecuencia de radio disponible y obtener máximos niveles de comunicaciones entre el punto de acceso y la tarjeta de red inalámbrica del PC. Para garantizar una conectividad a las velocidades más rápidas posibles -incluyendo largo alcance o ambientes ruidosos- debe asegurarse que el sistema pueda hacer cambios dinámicos de velocidades, basándose en las diferentes intensidades de señal y distancias del punto de acceso.

(d) Escalabilidad

Un buen concentrador inalámbrico puede soportar aproximadamente 60 usuarios simultáneos, permitiéndole expandir su red con efectividad de costos, con simplemente instalar tarjetas inalámbricas en computadoras adicionales e impresoras listas para ser conectadas a la red. Las impresoras u otros dispositivos periféricos que no puedan conectarse en red tradicional, se conectan a su red inalámbrica con un adaptador USB inalámbrico o un Ethernet Client Bridge.

(e) Facilidad de uso

Si un usuario planea conectar múltiples concentradores inalámbricos a una red existente de cables, puede considerar una solución que ofrezca conexiones automáticas a la red. Cuando un usuario se desplace fuera de los límites de un concentrador al campo de otro, una capacidad automática de conexión a la red transferirá sus comunicaciones -sin interrupciones- al siguiente aparato, aún al cruzar límites de enrutadores, sin siquiera tener que reconfigurar la dirección IP manualmente. Esto resulta ser especialmente útil para aquellas compañías con múltiples instalaciones que están conectadas por medio de una red de área amplia

(WAN). Como resultado, los usuarios podrán moverse libremente dentro de sus instalaciones y más allá y permanecer conectados a la red.

(f) Servidor Web para una administración más fácil

Si se selecciona un punto de acceso con un servidor Web, simplificará la administración de su red inalámbrica. Esto le permitirá acceder y definir parámetros de configuración, monitorear el rendimiento y hacer diagnósticos desde un navegador Web.

(g) Seguridad

La solución inalámbrica puede ofrecer múltiples niveles de seguridad, incluyendo encriptación y autenticación de usuarios. Esta solución segura le ofrecerá al usuario una encriptación de por lo menos 40 bits. Además, podría considerarse un sistema que ofrezca autenticación, requiriendo que los usuarios presenten una contraseña antes de acceder la red.

(h) Detección de instalaciones

Las redes inalámbricas incluyen aplicaciones para la detección de sus instalaciones. Estas ayudan al usuario a determinar la posición óptima y el número de los concentradores inalámbricos que necesita para soportar a sus usuarios.

## **8.7. Desventajas de las redes inalámbricas**

El precio de la tecnología y las dificultades urbanísticas que impiden que llegue la señal son algunos de los problemas con los que se encuentran los usuarios de estas redes libres.

El medio de difusión es el aire, por lo cual cualquiera que esté a la escucha y capte la información que se está radiando puede tener acceso a la misma. Como consecuencia de esto han surgido nuevas técnicas para detectar y acceder la red inalámbrica, estas son:

- El Wardriving que consiste en averiguar donde hay una red inalámbrica abierta, mediante un portátil y una tarjeta de red inalámbrica.
- El Warchalking que consiste en dibujar con tiza en la pared un código que permite al resto de los iniciados saber que en las cercanías hay una red inalámbrica y como conectarse a la misma.

Otro problema son los inhibidores de frecuencia que causan que la red no funcione. Son habituales en espacio como teatros u hospitales para evitar las molestias de los móviles o los suelen llevar consigo los escoltas para evitar la activación de explosivo vía radio.

El hecho de usar varias tecnologías inalámbricas a la vez como bluetooth, GSM/GPRS e IEEE 802.11, hace que el ambiente esté mas cargado de ondas y aunque funcionan en longitudes de ondas diferentes, estas interfieran entre si bajando la velocidad de transmisión.

La degradación en el rendimiento que se produce al estar varios usuarios a la vez utilizando la red inalámbrica es importante porque el protocolo de acceso al medio es poco eficiente.

## **8.8. Topologías**

Estrictamente hablando se distinguen 2 topologías:

*Redes de Modo infraestructura:*

Esta basada en el concepto de celdas típico de la telefonía móvil. Una celda puede entenderse como el área en la que una señal radioeléctrica es efectiva. A pesar de que en el caso de las redes inalámbricas esta celda suele tener un tamaño reducido mediante el uso de varias fuentes de emisión es posible combinar las celdas para cubrir un área más extensa. La estrategia empleada para aumentar el número de celdas, y por lo tanto el área cubierta por la red, es la utilización de los llamados

puntos de acceso, que funcionan como repetidores y que son capaces de doblar el alcance de una red inalámbrica. La distancia máxima permitida no es entre estaciones, sino entre una estación y un punto de acceso. Los puntos de acceso deben estar situados estratégicamente para que dispongan de la cobertura necesaria para dar servicio a las estaciones que soportan. Un único punto de acceso puede soportar un pequeño grupo de usuarios y puede funcionar en un rango de al menos 30 metros, en función de las condiciones de propagación.

La topología con punto de acceso es capaz de dotar a una red inalámbrica de muchas más posibilidades. Además, favorece el evidente aumento del alcance de la red, ya que permite lo que se conoce como roaming, es decir, la movilidad de las estaciones sin pérdida de cobertura y sin sufrir cortes en la comunicación. Esto representa una de las características más importante de las redes inalámbricas.

Las redes inalámbricas pueden verse ampliadas gracias a la interconexión con otras redes sobre todo con redes cableadas. De esta forma, los recursos disponibles en ambas redes se amplían. Mediante el uso de antenas es posible conectar dos redes separadas por varios cientos de metros como por ejemplo dos redes locales situadas en dos edificios distintos. De esta forma una red cableada se beneficia de la tecnología inalámbrica para realizar interconexiones con otras redes, que de otra forma serían más costosas, o simplemente imposibles.

#### *Redes Modo ad-hoc:*

Es la más sencilla ya que en ella los únicos elementos son las estaciones móviles equipadas con los correspondientes adaptadores para comunicaciones inalámbricas. En este tipo de redes, el único requisito deriva del rango de cobertura de la señal, ya que es necesario que las estaciones móviles estén dentro de este rango para que la comunicación sea posible. Por otro lado, no es necesario ningún tipo de gestión administrativa de la red.

## **8.9. Medios del nivel físico 802.11**

El nivel físico se encarga de resolver los aspectos relacionados con las particularidades del medio de transmisión radioeléctrica.

El estándar 802.11 está basada en una arquitectura celular en la que el sistema se divide en celdas denominadas BSS (Basic Service Set), cada una de las cuales esta gobernada por una estación base llamada punto de acceso o AP (Access Point). Los puntos de acceso se conectan a un backbone que recibe el nombre de sistema de distribución (DS, Distribution System), que en la mayoría de los casos esta basado en tecnología Ethernet (aunque también puede ser radioeléctrico). El conjunto de todas las Wlan, con sus correspondientes celdas y puntos de acceso, se presenta a los niveles superiores como una unidad lógica llamada ESS (Extended Service Set).

Existen 3 niveles físicos: FHSS en la banda 2,4 GHz; DSSS también en la banda 2,4 GHz, y el ultimo en la banda infrarroja.

Las técnicas del espectro ensanchado, además de satisfacer los requerimientos mínimos, aumentan la seguridad, elevan el caudal y permiten que varios productos inconexos compartan el espectro sin cooperación explícita y con interferencia mínima. El estándar 802.11 original define velocidades de 1 y 2 Mbps vía ondas de radio usando DSSS, el 802.11 permite hasta 11 Mbps o hasta el doble. La versión 802.11g, es compatible con la anterior. Además se ha definido la variante IEEE 802.11a (Wireless ATM) incorporado recientemente a la especificación, que permite conseguir 54 Mbps en la banda de 5 GHz, con un ancho de banda de hasta 300 MHz y modulación OFDM, que evolucionará a la 802.11 e/h.

## **8.10. Velocidad**

Los estándares 802.11 operan a diversas velocidades de acuerdo a las bandas asignadas, y con diferentes aplicaciones de acuerdo a su utilidad. Cada estándar ha ido mejorando sus versiones en el transcurso de los años, a continuación se detallaran las velocidades de algunos estándares:

La versión original del estándar IEEE 802.11; especifica dos velocidades de transmisión *teóricas* de 1 y 2 Mbit/s que se transmiten por señales infrarrojas.

La revisión **802.11b**; tiene una velocidad máxima de transmisión de 11 Mbit/s y utiliza el mismo método de acceso CSMA/CA definido en el estándar original. Debido al espacio ocupado por la codificación del protocolo CSMA/CA, en la práctica, la velocidad máxima de transmisión con este estándar es de aproximadamente 5.9 Mbit/s sobre TCP y 7.1 Mbit/s sobre UDP.

El estándar 802.11a utiliza el mismo juego de protocolos de base que el estándar original, con una velocidad máxima de 54 Mbit/s, lo que lo hace un estándar práctico para redes inalámbricas con velocidades reales de aproximadamente 20 Mbit/s. La velocidad de datos se reduce a 48, 36, 24, 18, 12, 9 o 6 Mbit/s en caso necesario. 802.11a tiene 12 canales no solapados, 8 para red inalámbrica y 4 para conexiones punto a punto. No puede interoperar con equipos del estándar 802.11b, excepto si se dispone de equipos que implementen ambos estándares.

El estándar 802.11g opera a una velocidad teórica máxima de 54 Mbit/s o cerca de 24.7 Mbit/s de velocidad real de transferencia, similar a la del estándar 802.11a. Es compatible con el estándar 802.11b y utiliza las mismas frecuencias. Buena parte del proceso de diseño del estándar lo tomó el hacer compatibles los dos estándares. Sin embargo, en redes bajo el estándar 802.11g la presencia de nodos bajo el estándar 802.11b reduce significativamente la velocidad de transmisión.

Para el estándar 802.11n se desarrolló una nueva revisión del estándar 802.11. La velocidad real de transmisión podría llegar a los 500 Mbps (lo que significa que las velocidades teóricas de transmisión serían aún mayores), y debería ser hasta 10 veces más rápida que una red bajo los estándares 802.11a y 802.11g, y cerca de 40 veces más rápida que una red bajo el estándar 802.11b. También se espera que el alcance de operación de las redes con este nuevo estándar sea superior. Existen también otras propuestas alternativas que podrán ser consideradas y se espera que el estándar sea completado hacia finales de 2006.

Hoy en día está el estándar 802.11 Súper G con una velocidad de transferencia de 108 Mbps.

### **8.11. Rango de bandas asignadas**

Las bandas de frecuencia son reconocidas por los reguladores internacionales como FCC (USA), ETSI (Europa), MKK (Japón) y CONATEL (Venezuela), así como también de acuerdo a su utilidad: operaciones de radio sin licencia, para usos científicos, militares e industriales. La distribución de frecuencias según el estándar se presenta a continuación:

- **802.11:** Opera en la banda ISM (Industria, medicina y ciencia) 2,4 GHz,
- **802.11b:** Opera para banda de 2.4 Ghz.
- **802.11a:** Opera en la banda de 5 Ghz y utiliza 52 subportadoras OFDM (orthogonal frequency-division multiplexing).
- **802.11g:** Utiliza la banda de 2.4 Ghz (al igual que el estándar 802.11b).
- **802.11 súper G:** utiliza una banda de 2.4 Ghz y 5 Ghz.
- **802.11h:** Define el manejo de espectro de banda de 5 Ghz para uso en Europa y en Asia Pacífica.

### **8.12. Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias (CUNABAF)**

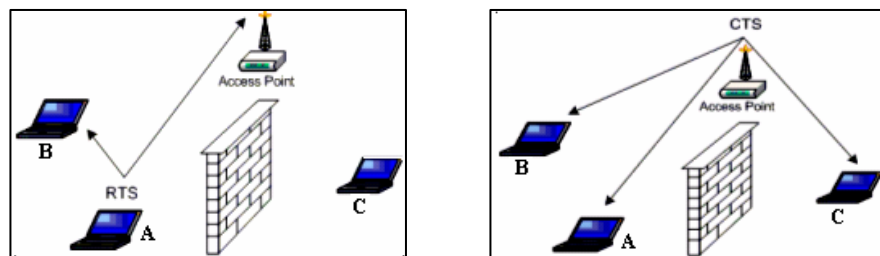
La Comisión Nacional de Telecomunicaciones tiene la facultad de decidir si uno, dos o todos los servicios atribuidos en las diferentes bandas del Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias operarán en la banda de frecuencias respectiva. CONATEL publicó el cuadro nacional de bandas y frecuencias en la providencia administrativa No. 617 el 28 de Julio de 2005, el mismo se puede observar en el anexo E.

### 8.13. Nivel de control de acceso al medio MAC

La subcapa de Control de Acceso al Medio (*MAC: Medium Access Control*) cubre tres áreas funcionales básicas: Entrega confiable de datos, control de acceso y seguridad. Las dos primeras funciones se profundizarán a continuación. Las funciones de seguridad no se abarcarán en este proyecto:

#### 8.13.1. Entrega confiable de datos

Es un protocolo de intercambio de trama. Garantiza la confiabilidad de la entrega, empleando un mecanismo de intercambio de cuatro tramas. En la primera, una estación fuente envía una trama de petición de envío (*RTS: Request To Send*) al destinatario. La estación destino contesta esta petición con una trama de aprobación de envío (*CTS: Clear To Send*). Luego de recibir la trama CTS, la fuente enviará la trama de datos, que finalmente será confirmada por una trama de reconocimiento (*ACK: Acknowledge*). Este método permite alertar a todas las estaciones de la red que se encuentran en el rango de recepción, que una trama de datos está en camino, de esta forma las estaciones se abstienen de retransmitir información para evitar colisiones y facilitar el intercambio. Este método solventa un problema llamado *nodo escondido*, el cual minimiza el factor de ocurrencia de colisiones. En la Figura 5 se describe dicho proceso.



(a)

(b)

**Figura 6 (a) Petición de envío (RTS) (b) Aprobación de envío (CTS)**



### 8.13.2. Control de Acceso

En esta área se consideran dos tipos de protocolos: los de acceso distribuido y los de acceso centralizado. Los protocolos de acceso distribuido utilizan un mecanismo senso-portador que distribuye la decisión de transmitir en todos los nodos del enlace, y se utilizan en redes con tráfico intermitente como las “*Ad hoc*”. Los protocolos de acceso centralizado regulan la transmisión tomando decisiones centralizadas y se utilizan en configuraciones donde un grupo de estaciones inalámbricas se encuentran conectadas a un canal de red de alto tráfico. (“backbone”).

Finalmente, el algoritmo para el control de acceso es la Fundación Distribuida Inalámbrica MAC (*DFWMAC: Distributed Foundation Wireless MAC*), y provee un mecanismo de control de acceso distribuido con un control opcional centralizado. Esta arquitectura se muestra en la Figura 7.

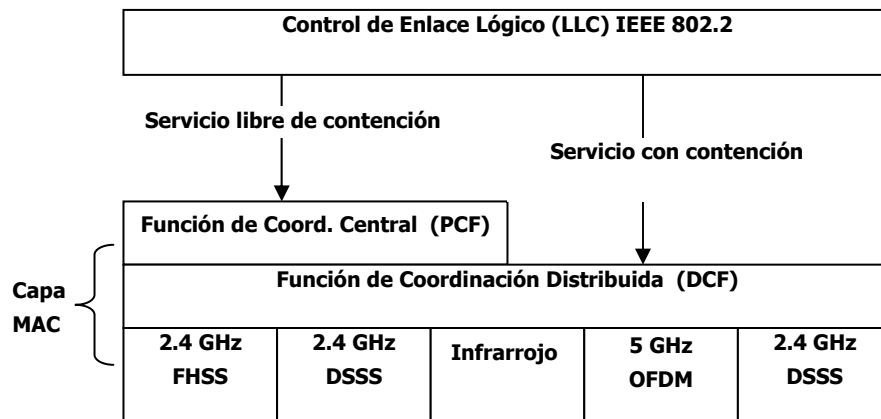


Figura 7. Arquitectura de la capa MAC

La subcapa inferior de la capa MAC, es la función de coordinación distribuida (*DCF: Distributed Coordination Function*), que utiliza un algoritmo de contienda para proveer acceso a todo el tráfico, esta función es directamente utilizada por el tráfico asincrónico ordinario. La subcapa del punto de coordinación central (*PCF: Point Coordination Function*) es un algoritmo centralizado utilizado para proveer un

servicio libre de contienda, se ubica por encima del DCF y lo utiliza para proveer acceso a todos los usuarios. A continuación se describirán estas funciones.

*Función de Coordinación distribuida DFC:* Hace uso de un algoritmo simple llamado Acceso Múltiple por detección de Portadora (*CSMA: Carrier Sense Multiple Access*), que verifica el estado del medio antes de iniciar una transmisión. Este algoritmo no detecta colisiones (*CA: Collision Avoidance*) como en el caso de las redes LAN cableadas convencionales, por dos razones principales:

- Un mecanismo con detección de colisión requeriría de la implementación de Radios de Bidireccionalidad Completa (*Full-Duplex*) capaces de transmitir y recibir a la vez, esto resultaría en un significativo incremento del costo de los equipos.
- En un ambiente inalámbrico, no es posible asumir que todas las estaciones se escuchan entre sí (lo cual es la base que sustenta el esquema de detección de colisiones), y el hecho de que la estación quiera transmitir y sense el medio como libre, no necesariamente significa que este está libre alrededor del receptor.

Para asegurar la homogeneidad e imparcialidad en el funcionamiento del algoritmo, se incluye un conjunto de períodos de demora llamados Espacios de Inter. Trama (*IFS: Inter Frame Space*) que emplea la estación fuente para verificar si el medio de transmisión está disponible. El uso de IFS se explicará brevemente con el funcionamiento de este algoritmo.

*Algoritmo CSMA:*

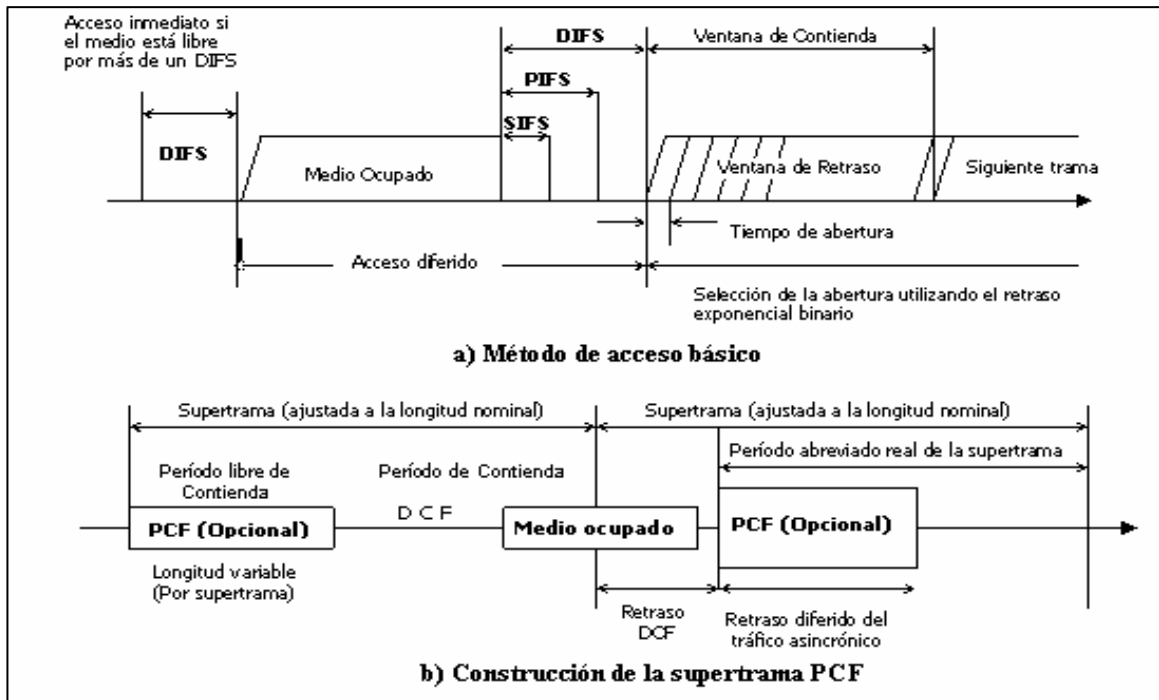
1. La estación transmisora de la trama verifica el estado del medio. Si está desocupado, espera un período IFS para confirmar que permanezca disponible durante este tiempo. Si es así, la estación podrá transmitir inmediatamente.
2. Si el medio se encuentra ocupado (sea porque estaba ocupado desde un principio o porque se ocupó durante el período IFS), la transmisión se

difiere y se continua monitoreando el medio hasta que la transmisión actual termine.

3. Una vez terminada la transmisión, se espera un período IFS. Si el medio permanece disponible luego de este tiempo, entonces la estación se retrasa un período aleatorio y verifica el estado del medio, si este continúa despejado, la estación podrá transmitir.

Para asegurar que durante el retraso de la trama se mantenga la estabilidad, se utiliza una técnica conocida como Retraso Exponencial Binario. Una estación tratará de transmitir repetidamente, a pesar de las colisiones, pero luego de cada colisión, el valor del retraso aleatorio se duplicará. El retraso exponencial binario provee un medio para el manejo de las cargas pesadas. Los repetidos intentos fallidos de transmisión, resultan en tiempos de retraso cada vez mayores, lo que ayuda a disminuir la carga de las tramas. Sin este retraso, cada vez que un par de estaciones transmitan simultáneamente y creen una colisión, tratarán de retransmitir, causando nuevas colisiones. La DCF redefinió este método, con accesos prioritarios, mediante el establecimiento de tres valores IFS:

- Espacio de Inter-trama Corto (SIFS: Short IFS): Es el período más corto utilizado para respuestas inmediatas. Se emplea para responder las tramas de reconocimiento ACK, para responder a un RTS con una trama CTS (permiso de emitir) y para responder a un muestreo.
- Función de Punto de Coordinación de Espacio de Inter-trama (PIFS: Point coordination function IFS): Es un periodo intermedio usado por el esquema PCF centralizado cuando emite un muestreo.
- Función de Coordinación Distribuida de Espacio de Inter-trama (DIFS: Distributed coordination function IFS): Es el mayor periodo, usado como el retraso mínimo para las tramas asincrónicas que compiten por el acceso.



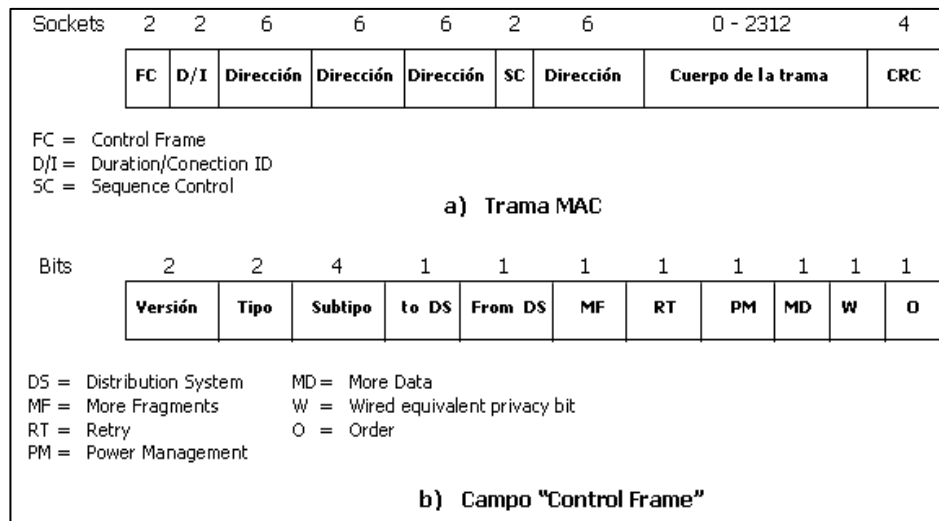
**Figura 8. Implementación de los períodos IFS. a) Método de acceso b) Supertrama PCF**

*Función de Coordinación Puntual PCF:* Es un método de acceso alternativo implementado sobre la función DCF que emplea un administrador de sondeo centralizado (coordinador puntual) y utiliza los periodos PIFS para emitir sus sondeos. El administrador puntual tiene la posibilidad de apoderarse del medio y bloquear todo el tráfico asincrónico ordinario mientras emite sondeos y recibe respuestas, ya que el período PIFS es mayor que el DIFS.

Para evitar que el coordinador puntual bloquee todo el tráfico asincrónico con emisiones repetidas de sondeos, se precisó un intervalo conocido como supertrama (figura 8.b). Durante la primera parte de este intervalo, el coordinador puntual emite un sondeo por eliminatoria entre todas las estaciones configuradas para el sondeo. El coordinador puntual, se desocupa luego para el resto de la supertrama, permitiendo un periodo de contienda para el acceso asincrónico.

### 8.13.3. Formato de la trama MAC

El formato general de la trama MAC se utiliza para todas las tramas de datos y de control, pero no todos los campos se utilizan en todos los contextos. La Figura 9 muestra este formato.



**Figura 9. Formato de la trama de control de acceso al medio (MAC)**

Los campos que conforman este formato son:

- *Direcciones*: El número y significado de los campos de dirección, depende del contexto. Los tipos de direcciones incluyen: fuente, destino, estación transmisora y estación receptora.
- *Secuencia de control (SC: Sequence Control)*: Contiene un subcampo de número de fragmento de 4 bits utilizado para la fragmentación y el reensamblado, y un número de secuencia de 12 bits utilizado para numerar las tramas enviadas entre un transmisor y un receptor dado.
- *Cuerpo de la trama*: contiene una unidad MSDU o un fragmento de este.
- *Chequeo de redundancia cíclica (CRC: Cyclic Redundancy Check)*: campo de 32 bits. Para detección de error

El campo control de trama (*CF: Control Frame*), consiste de los siguientes campos:

- *Versión*: Indica la versión 802.11, actualmente versión 0.
- *Tipo*: Identifica la trama como Control, Dirección o Datos.
- *Subtipo*: Identifica la función de la trama.
- *To DS*: Indicará 1 si la trama entra al sistema de distribución.
- *From DS*: Indicará 1 si la trama sale del sistema de distribución.
- *MF*: Indica 1 si hay otros fragmentos de trama siguiendo este.
- *RT*: Indicará 1 si esta es una retransmisión de una trama previa.
- *PM*: Indicará 1 si la estación transmisora está en modo dormido.
- *MD*: Indica que la estación tiene mas datos que enviar.
- *W*: Indica 1 si se implementará la opción de seguridad WEP.
- *O*: Indicará 1 en todas las tramas de datos que deban ser procesadas en orden.

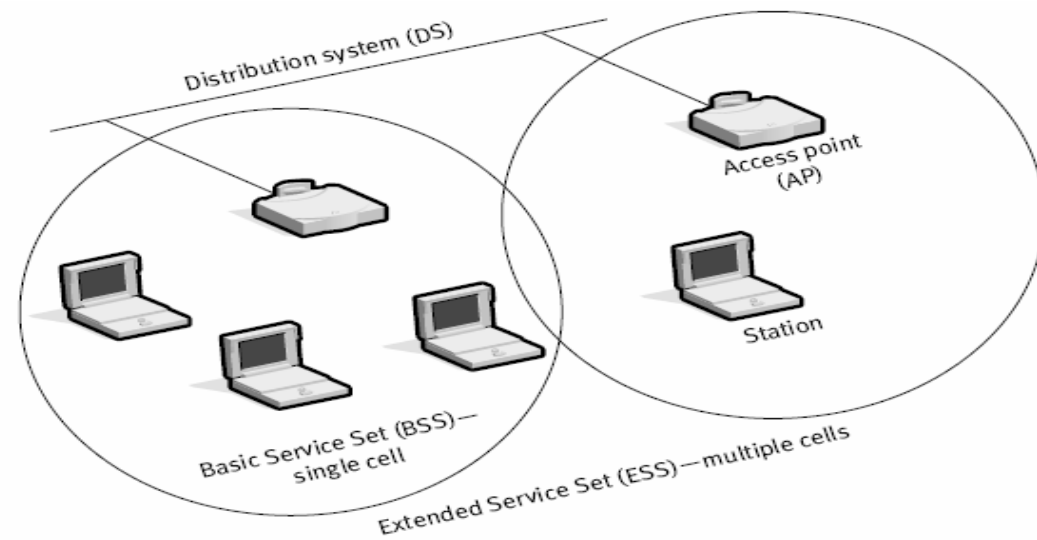
#### **8.14. HANDOVER.**

Las redes locales inalámbricas basadas en IEEE 802.11 (WLANs) han crecido en los últimos años. Se prevé que la implantación de este tipo de redes para la siguiente década se parezca mucho a la de Internet durante el principio de los 90's. En lugares públicos tales como corporaciones o universidades, las WLAN proveen no solo una conexión de red conveniente, sino además velocidades de hasta 56Mbps (802.11g).

Como se comentó con anterioridad las especificaciones IEEE 802.11 proveen dos modos operativos, el modo *ad hoc* y el modo de *infraestructura*. En el modo *ad hoc*, dos o mas estaciones wireless (STAs) se reconocen entre ellas y establecen una comunicación de igual a igual (*peer to peer*) sin la necesidad de una infraestructura existente. Mientras que en el modo de *infraestructura* existe una entidad establecida llamada "punto de acceso" (*Access point AP*), el cual hace las veces de puente para la data entre las estaciones móviles asociadas a él. Un AP y sus estaciones móviles

asociadas forman un conjunto de Servicio Básico (*Basic Service Set BSS*) que se comunica dentro del espectro sin licencia de RF.

Una colección de AP conectadas a través de un sistema de distribución (*DS*), pueden extender un BSS en un conjunto de Servicios Extendidos (*Extended Service Set ESS*).



**Figura 10. Definición de la IEEE 802.11 del conjunto de Servicios Extendidos**

Un proceso de *handover* ocurre cuando una estación móvil se desplaza más allá del rango de un AP, y entra en otro BSS (a nivel de capa MAC). Durante el *handover*, tramas de administración son intercambiadas entre la estación (STA) y el AP. Además, el AP involucrado puede intercambiar cierta información de contexto (credenciales) específicas a la estación. En consecuencia, existe cierta latencia involucrada en el proceso de *handover*, durante la cual el STA está imposibilitado de enviar o recibir tráfico.

Debido a la naturaleza móvil de las redes inalámbricas, se presentan como oportunidad para muchas aplicaciones multimedia (tales como VoIP, video conferencia móvil y Chat).

### **8.15. El Proceso de Handover.**

La función o proceso de handover se refiere al mecanismo o secuencia de mensajes intercambiados por AP's y una estación que da como resultado la transferencia a nivel de capa física desde un AP a otro. Por lo tanto, el handover es una función de capa física llevada a cabo por al menos tres entidades participantes, la estación, el AP anterior, y el AP posterior. El AP con el cual la estación tiene conectividad a nivel de capa física antes del handover es el AP anterior, mientras que el AP con el cual la estación obtiene conectividad después del handover es el AP posterior. La información de estado que típicamente se transfiere consiste en las credenciales del cliente (las cuales permiten obtener acceso a la red) e información sobre la cuenta. Esta transferencia puede ser alcanzada por un IAPP (Inter Access Point Protocol), o por medio de protocolos propietarios. Para una red IEEE 802.11 que no tiene mecanismo de control de acceso, existe una diferencia nominal entre una asociación completa y un proceso de handover / re-asociación. Viéndolo desde otro punto de vista, la latencia ocasionada por el handover será estrictamente mayor que la latencia por asociación ya que en ella están involucrados retrasos por comunicación entre AP's.

### **8.16. Pasos lógicos del HANDOVER.**

El proceso completo de handover puede ser dividido en dos pasos lógicos distintos: descubrimiento y re-autenticación. Mas adelante veremos que la secuencia actual de mensajes intercambiados realiza una de las dos funciones.

1. Descubrimiento: Como atributo de la movilidad, la fuerza de la señal y la relación señal a ruido que tiene una estación con el AP puede degradarse y ocasionar una pérdida de conectividad y por lo tanto iniciar un handover. En este punto, el cliente puede que no sea capaz de comunicarse con su AP actual. Por lo tanto, el cliente necesita encontrar un AP potencial dentro del rango para asociarse a él. Esta tarea es llevada a cabo por una función de la

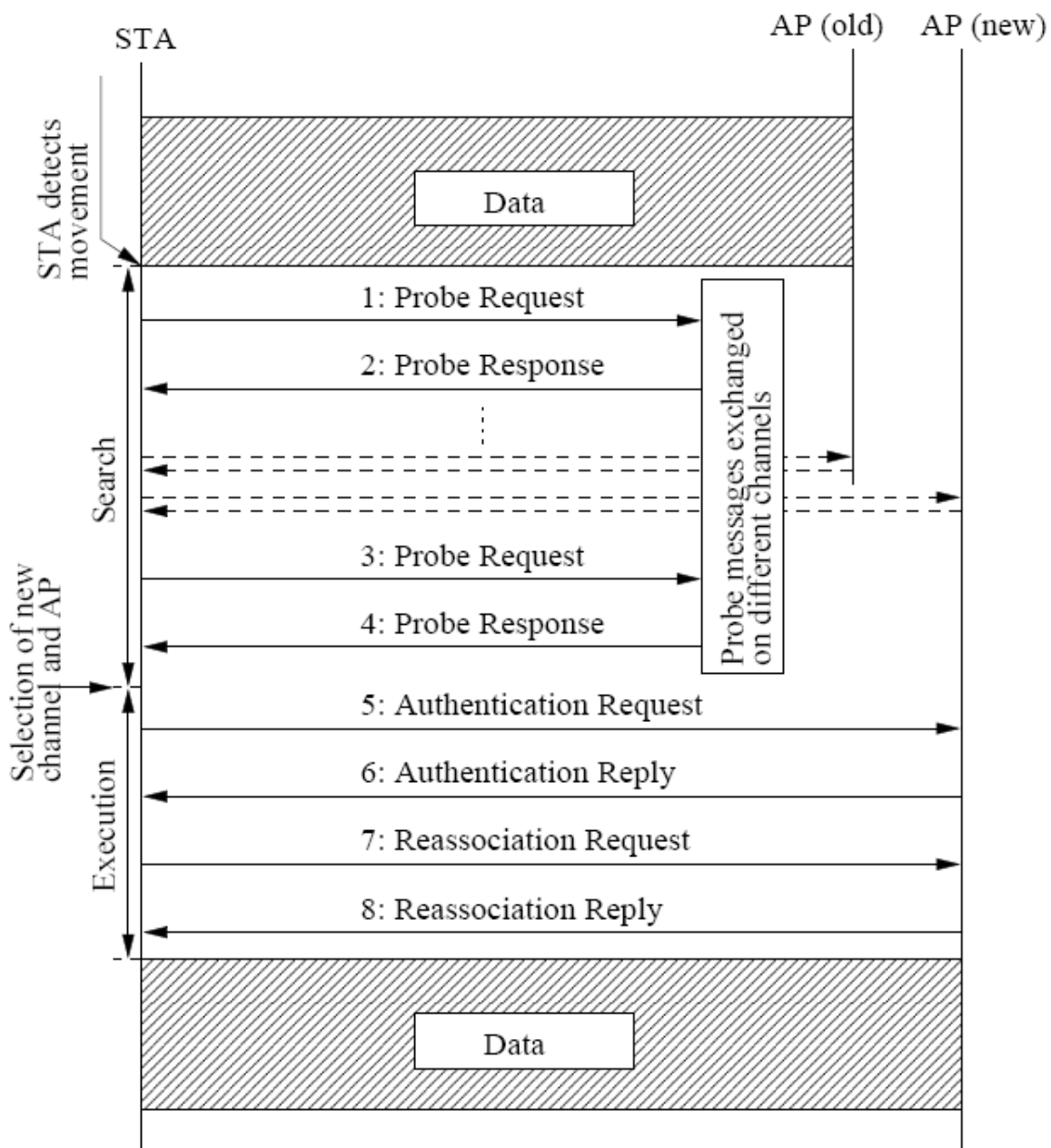


capa MAC, la función de “scan”. Durante un “scan”, la tarjeta escucha los mensajes “beacon” que son enviados por el AP periódicamente a una tasa de 10 ms en los canales asignados. De esta forma la estación puede crear una lista de APs ordenada por la fuerza de la señal recibida.

Hay dos tipos de métodos de “scan” definidos en el estándar: activo y pasivo. Como los nombres sugieren, en el modo activo, además de escuchar mensajes “beacon”, la estación envía “broadcasts” de paquetes de prueba en cada canal y recibe respuestas de los APs. De esta forma la estación prueba activamente los APs. En el modo pasivo, la estación se limita a escuchar los mensajes “beacon”.

2. Re-autenticación: La estación intenta re-autenticarse con un AP acorde a la lista de prioridades. El proceso de re-autenticación típicamente involucra una autenticación y re-asociación con el AP *posterior*. La fase de re-autenticación incluye la transferencia de credenciales y otras informaciones de estado desde el AP anterior. A esta etapa también se le conoce como etapa de ejecución. Existen dos métodos diferentes de autenticación: “Open System Authentication” que utiliza un “handshake” de dos vías y “Shard Key Authentication” que involucra cuatro mensajes entre la estación y el nuevo AP. La estación puede autenticarse con múltiples APs, y la estación puede hacerlo mientras mantiene la asociación con una AP (esta funcionalidad es llamada pre-autenticación). Cuando se proceda a reasociarse con el nuevo AP, la estación puede mandar un mensaje de disociación a su AP anterior, notificándole de esta forma que se está cambiando.

Si observamos en la figura 11 y asumimos que la estación no puede enviar o recibir ningún tipo de dato durante la etapa de “scan” y la de ejecución, entonces la latencia debida al proceso de handover será la suma de las latencias de “scan” y ejecución.



**Figura 11. Procedimiento de Handover**

**8.16.1. Niveles Máximos de Potencia del Transmisor.**

Cuando se definen reglas y regulaciones referentes a la potencia del transmisor, pueden ser utilizados varios métodos para definir los límites. Primero, existe una potencia de salida directa, la cual representa la cantidad de energía enviada

desde el amplificador de potencia del transmisor a la antena. Estas especificaciones de potencia vienen típicamente expresadas en decibeles por miliwatt (dbm). Segundo, varias limitantes referentes a la ganancia de la antena pueden ser utilizadas.

### **8.16.2. Potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE)**

Los requerimientos regulatorios para los niveles de potencia de salida son algunas veces evaluados en base a la potencia actual del transmisor. Este método se conoce como Potencia Isotrópica Radiada Equivalente (PIRE). Este se calcula no solo usando la potencia del transmisor, sino también como su nombre nos sugiere, la ganancia isotrópica de la antena (en dBi). Este valor también incluye las pérdidas por cableado, o cualquier dispositivo ubicado entre la antena y el conector del transmisor. Esta representa la potencia efectiva irradiada por la antena.

Para obtener la PIRE, se debe tomar la potencia del transmisor (en dBm), sumarle la ganancia de la antena (en dBi) y restarle las pérdidas por el cableado y otros dispositivos insertados en el sistema (en dB), tal como se aprecia en el siguiente ejemplo:

Transmisor con potencia de salida 100mW = 20dBm

Antena Yagi con ganancia = 13.5dBi

50 metros de cable con una pérdida total = 2.2dB

Potencia TX + Ganancia de la Antena – Pérdida del Cable = PIRE

20dBm + 13.5dBi – 2.2dB = 31.3 dBm PIRE

### **8.16.3. Regulación de los Niveles de Potencia en Norte América.**

Un parámetro que es bastante restringido es el de la potencia del transmisor permitida para un radio transmisor de WLAN. Dado que las frecuencias utilizadas para WLAN no requieren de licencia, los entes regulatorios debieron imponer límites en la potencia como una forma de evitar interferencias.

(a) Niveles de Potencia en Norte América para el dominio de 2.4Ghz:

Los entes reguladores norteamericanos imponen límites tanto para la PIRE como para la máxima potencia del transmisor. La máxima potencia del transmisor está regulada a 1 watt o 30 dBm. Esto aplica para las bandas de WLAN de 900 Mhz, así como para la de 2.4GHz. No obstante para la banda de 5GHz estos valores máximos son distintos.

Los entes reguladores norteamericanos también imponen límites para la ganancia de la antena, así como un límite para la PIRE. Las regulaciones limitan la ganancia de las antenas a 6dBi si está utilizando los 30 dBm de potencia máxima en el transmisor. Este provee un valor máximo de PIRE de 36dBm. Las regulaciones norteamericanas permiten valores de ganancia más altos para las antenas, siempre y cuando se reduzca la potencia del transmisor acorde a las reglas y a la topología de la red de radio.

(b) Niveles de potencia para la banda de 5GHz:

Las regulaciones norteamericanas identifican los niveles de potencia para la banda de 5Ghz bajo tres bandas UNII diferentes. La banda UNII1 fue creada para el uso puertas adentro (indoors) y solo provee una potencia de transmisor de 50mW. La banda UNII2 es para uso tanto puertas adentro como puertas afuera (outdoors), y su máxima potencia de transmisor permitida es de 250mW. La banda UNII3 esta prevista para uso en sistemas puertas afuera (outdoors) y tiene un límite de potencia de 1W.

La ganancia de las antenas, al igual que en la banda de 2.4GHz es 6dBi para modos Punto a Multipunto. Para incrementar la ganancia de la antena la potencia del transmisor debe ser reducida proporcionalmente.

No obstante en la banda UNII3. Las antenas para aplicaciones del tipo punto a punto pueden tener hasta 23dBi de ganancia sin reducir la potencia. Para antenas con ganancias superiores a los 23dBi, una reducción de 1dB en la potencia del transmisor

es requerida por cada 1 dB de incremento en la ganancia de la antena por encima de 23dBi.

**8.16.4. Regulación de los Niveles de Potencia por la ETSI.** (European Telecommunications Standards Institute o Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones)

Similar a su contraparte norteamericana, la ETSI es una organización de estandarización de la industria de las telecomunicaciones (fabricantes de equipos y operadores de redes) de Europa, con proyección mundial. Ha tenido gran éxito al estandarizar el sistema de telefonía móvil GSM.

En cuanto a la regulación de los niveles de potencia fija varias limitantes en la potencia para las bandas de 2.4Ghz y 5Ghz. En el caso de la banda de 2.4Ghz la ETSI es más restrictiva que las autoridades norteamericanas.

**(a) Niveles de Potencia 2.4 Ghz (ETSI):**

Las regulaciones de la ETSI especifican una PIRE máxima de 20 dBm. Dado que esto incluye la ganancia de la antena, limita de esta forma las antenas que pueden ser utilizadas con un transmisor. Para usar una antena mas larga, la potencia del transmisor debe ser reducida, de forma tal que, la ganancia total del transmisor, mas la ganancia de la antena (menos las perdidas por cableado) sea igual o menor a 20dBm PIRE. Esto reduce drásticamente la distancia alcanzable por el enlace puertas afuera en comparación con el sistema norteamericano. Además, también reduce la ganancia que puede tener una antena para uso puertas adentro, a menos que reduzca la potencia del transmisor.

**(b) Niveles de Potencia ETSI para 5GHz:**

Los niveles de potencia para algunos países usando el marco regulatorio de la ETSI varían ampliamente, en la siguiente tabla podemos ver algunos.

**Tabla 2. Niveles de potencia para algunos países regulados por la ETSI**

| <b>País</b> | <b>Banda de Frecuencia (GHz)</b> | <b>Potencia Máxima de Transmisión PIRE con TPC (mW)</b> | <b>Potencia Máxima de Transmisión sin TPC (mW)</b> |
|-------------|----------------------------------|---|--|
| Austria     | 5.155.25                         | 200   | 200  |
| Belgica     | 5.155.35                         | 120   | 60   |
| Dinamarca   | 5.155.25                         | 50  | 50   |
| Francia     | 5.155.25                         | 200   | 200  |
| Alemania    | 5.155.25                         | 50  | 50   |
| Irlanda     | 5.155.35                         | 120   | 60   |
| Holanda     | 5.155.25                         | 200   | 200  |
| Suecia      | 5.155.25                         | 200   | 200  |
| Suiza       | 5.155.25                         | 200   | 200  |
| Reino Unido | 5.155.35                         | 120   | 60   |

#### **8.16.5. Regulación de los niveles de potencia en Venezuela.**

En Venezuela el ente regulador de los niveles de potencia es CONATEL, a continuación se pueden apreciar los valores de potencia que especifica.

Para dispositivos dentro de la banda de 2.4Ghz:

**Tabla 3. Niveles de potencia para Venezuela regulados por CONATEL**

| Frecuencia (MHz) | Máxima potencia de salida (pico) del transmisor                      | Máxima densidad espectral de potencia de salida (pico) del transmisor | Ganancia máxima de antena |
|------------------|--|---|---------------------------|
| 2.400-2.483,5    | 1 W  |   | 6 dBi                     |
| 5.725-5.850      | El menor valor entre 1 W ó $17 \text{ dBm} + 10 \log B$ (Ver nota 1) | 17 dBm/MHz en cualquier banda de 1 MHz                                | 6 dBi                     |

Nota 1. B es el ancho de banda de emisión a 26 dB, medido en megahertz (MHz).

**Tabla 4. Aplicaciones en espacios según el rango de frecuencias, reguladas por CONATEL**

| Frecuencia (MHz) | PIRE media máxima | Densidad de PIRE media máxima         | Aplicaciones   |
|------------------|-------------------|---------------------------------------|--|
| 5.150-5.250      | 200 mW            | 10 mW/MHz en cualquier banda de 1 MHz | Uso restringido a espacios interiores o recintos cerrados. |
| 5.250-5.350      | 200 mW            | 10 mW/MHz en cualquier banda de 1 MHz | Uso restringido a espacios interiores o recintos cerrados. |
|                  | 1 W (Ver nota 2)  | 50 mW/MHz en cualquier banda de 1 MHz | Uso en espacios exteriores o recintos abiertos.            |

Nota 2. Siempre que las estaciones que operen en la banda 5.250 - 5.350 MHz con los valores promedio de PIRE media superior a 200 mW deben:

- a. Cumplir con la siguiente máscara de valores de reducción de PIRE, en función del ángulo de elevación, según la Tabla 5:

**Tabla 5. Ángulos de Elevación**

| <u>dB(W/MHz)</u>          | <u>Elevación</u>                     |
|---------------------------|--------------------------------------|
| -13                       | $0^\circ \leq \alpha < 8^\circ$      |
| $-13 - 0,716(\alpha-8)$   | $8^\circ \leq \alpha < 40^\circ$     |
| $-35,9 - 1,22(\alpha-40)$ | $40^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$ |
| -42                       | $45^\circ < \alpha$                  |

Donde  $\alpha$  es el ángulo por encima del plano horizontal local (de la Tierra).

- b. Utilizar un mecanismo TPC que garantice una reducción promedio de al menos 3 dB de la potencia de salida media máxima.
- c. Emplear un mecanismo DFS para evitar ocasionar interferencia co-canal a sistemas de radar. El umbral de detección del dispositivo DFS debe ser -64 dBm.

### **8.17. Mecanismos de Acceso para WLANs**

Existen dos categorías para los mecanismos de acceso para las WLANs:

- Protocolos con arbitraje (FDMA, TDMA)
- Protocolos por contención ó por detección de portadora

La multiplexación en frecuencia (FDM) divide todo el ancho de banda asignado en distintos canales individuales. Es un mecanismo simple que permite el acceso inmediato al canal, pero muy ineficiente para utilizarse en sistemas informáticos, los cuales presentan un comportamiento típico de transmisión de información por breves períodos de tiempo (ráfagas).

Una alternativa sería asignar todo el ancho de banda disponible a cada nodo en la red durante un breve intervalo de tiempo de manera cíclica. Este mecanismo, llamado múltiplexación en el tiempo (TDM), requiere mecanismos muy precisos de sincronización entre los nodos participantes para evitar interferencias. Este esquema ha sido utilizado con cierto éxito sobre todo en las redes inalámbricas basadas en infraestructura, donde el punto de acceso puede realizar las funciones de coordinación entre los nodos remotos.

#### **8.17.1. Protocolos por contención ó por detección de portadora**

El protocolo de acceso múltiple por división de código (CDMA), es el mecanismo de acceso por excelencia para que puedan coexistir diferentes redes basadas en espectro disperso.



Las WLANs que emplean mecanismos de contención como acceso al medio, están basadas en el modelo de detección de "portadora" utilizado por la tecnología de red local más difundida en la actualidad, Ethernet IEEE 802.3. Varias de las primeras redes utilizaban exactamente el mismo algoritmo de acceso al medio, (CSMA/CD) detección de portadora con detección de colisiones: Cuando una estación desea transmitir, primero verifica que el medio de comunicación esté libre (es decir, detecta la portadora). Si éste está libre, transmite su información y si no, espera a que se libere el medio y transmite. Como existe la posibilidad de que dos estaciones transmitan información simultáneamente, este mecanismo exige que al transmitir se siga evaluando el canal, y si se detecta alguna perturbación en la transmisión (detección de colisión), se supone que ha ocurrido un conflicto, por lo que la transmisión se suspende y las estaciones involucradas en el conflicto esperan un tiempo aleatorio antes de repetir nuevamente el algoritmo.

#### **8.18. Estándar IEEE 802.16**

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

- Operación en frecuencias licenciadas y no licenciadas
- Utilización de enlace de los tipos LOS (10-66 GHz) y en NLOS (2-11 GHz)
- Prestación de servicios de tipo fijo, portable y móvil nómada
- Esquemas de modulación basados en una portadora (single carrier, SC) o múltiple portadoras (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM)
- Esquemas de acceso diseñados en función de la tecnologías de acceso múltiple por división de tiempo (Time Division Multiple Access, TDMA) y acceso múltiple por división ortogonal de frecuencia (Orthogonal Frequency Division Multiple Access, 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 la 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 entre 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

#### **8.19. Estándar IEEE 802.16-2004**

El estándar IEEE 802.16-2004 establece que la arquitectura de un sistema de Banda Ancha inalámbrico está compuesto típicamente por un radio (o móvil, según el IEEE P802.16/e, pendiente por aprobación) usado para dar servicio de comunicación entre un usuario (subscriber station, SS) y el núcleo principal de la red (Core Network). El término Banda Ancha según la UIT (Unión Internacional de Comunicaciones) se refiere a las transmisiones de velocidad que están 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 está al cabo de conocer los detalles técnicos de su funcionamiento. Estos usuarios del sistema de red inalámbrico de banda ancha funcionan dentro del área de cobertura de una estación base (Base Station, BS), la cual tiene como responsabilidad prestar interconexión de última milla a todos los SS del sistema, realizar la transferencia de una BS a otra cuando se produzca el desplazamiento de SS móviles e interconectar a los usuarios al núcleo de la red.

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 de áreas de cobertura, el reuso de la frecuencia es un medio muy empleado para aumentar la capacidad de comunicación en una región determinada

donde puede 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 802.16-2004 se ha establecido que el rango de 2 a 11 GHz maneja una topología física de conexión tipo malla (Mesh), mientras que la bandas de frecuencias entre 2 y 66 GHz la topología de interconexión es del tipo punto multipunto (PMP).

Las estaciones SS son aquellas que interconectan los equipos terminales (Terminal Equipment, TE) de los usuarios a la red inalámbrica de banda ancha, la SS es capaz de prestar servicios de datos, VoIP e Internet de alta velocidad. La interconexión en banda ancha se consigue gracias a que las demandas de comunicación son regularmente poco relacionadas entre si. Es posible transmitir a muy altas velocidades con una muy alta eficiencia espectral; después de un análisis estadístico del tráfico de los usuarios en las redes inalámbricas de banda ancha. Adicionalmente a la BS, la SS y el TE, la arquitectura de la red posee equipos de enlaces interceldas, estaciones repetidora (Repeater Station, RS) y antenas pasivas o adaptativas, estas últimas conocidas como antenas inteligentes.

#### **8.19.1. Tipos de antenas para el Estándar 802.16-2004**

Los sistemas de redes inalámbricas de banda ancha bajo el estándar 802.16-2004, utilizan antenas pasivas y antenas adaptativas. Las antenas pasivas están constituidas principalmente por antenas directivas utilizadas en enlaces fijos de LOS ó NLOS. La antena adaptativa (Adaptive Antenna, AA) o inteligente es un tipo de antena que utiliza nuevas tecnologías basadas en el procesamiento digital de señales, para mejorar los parámetros de la transmisión que producen un aumento en la capacidad de la comunicación. Estos dispositivos están implementados principalmente 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 utilizada en telefonía celular) emite la señal electromagnética en toda el área de cobertura sin distinción de 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, esto trae como beneficios un mejor control de potencia y una reducción en los niveles de exposición electromagnética.

Adicionalmente a las AA, el estándar 802.16 contempla otras alternativas no excluyentes para mejorar el desempeño del sistema y su capacidad. Uno de ellos es la diversidad de antenas, el cual consiste en el arreglo de múltiples antenas ya sea en sistemas transmisores o receptores. Esto se fundamenta en el principio conocido de diversidad espacial, en la cual se presume que si una antena tiene la posibilidad de sufrir pérdida de la señal debido a un desvanecimiento acentuado, es posible que otra antena que se encuentre ubicada a una distancia determinada alejada de la primera, tal vez no sea afectada por el mismo tipo de problema.

Una segunda variante a este tipo de soluciones consiste en la tecnología de múltiples entradas múltiples salidas (Multiple Input Multiple Output, MIMO) en el cual un dispositivo posee varios transmisores y varios receptores 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-receptor los que le permite aumentar las velocidades de transmisión. Este desarrollo se conoce como multiplexión espacial (Spatial Multiplexing, SM). 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.

## **8.20. Aplicaciones de Antenas AA**

Las principales aplicaciones de antenas AA en sistemas de redes inalámbricas de banda ancha, se resumen a continuación:

- Ganancia de arreglo: Las AA permiten aumentar la relación portadora a ruido (Carrier to Noise Ratio, C/N), ya que en la recepción la potencia de portadora es directamente proporcional al número de antenas receptoras.
- Ganancia por diversidad de antenas: La diversidad permite un mayor nivel de tolerancia ante el desvanecimiento y las múltiples trayectorias.
- Reducción de interferencia co-canal a nivel de SS: Las AA permiten esquemas muy agresivos de reusos de frecuencia, 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 (Space Division Multiple Access, SDMA): Conocido también como reuso angular, permite que una BS pueda atender a múltiples usuarios con una misma frecuencia, tan solo cambiando el ángulo de orientación del haz de radiación de la antena.
- Implementación de SM (MIMO)
- Mejora en el desempeño de los sistemas inalámbricos de banda ancha, por aumento de capacidad de transmisión.

### **8.20.1. Ventajas de utilización**

Las principales ventajas de las AA. Se enumera a continuación:

- Las AA pueden incrementar la eficiencia espectral, 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 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 compatible con la de los servicios inalámbricos.

### **8.21. OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing**

Durante los últimos años, se ha aceptado el OFDM como tecnología de base para el 802.16a para redes de área metropolitana inalámbrica. OFDM provee extensión inalámbrica para acceso de última milla de banda ancha en instalaciones de cable y DSL Y cubre el rango de frecuencias de 2 a 11 GHz a 50 kilómetros lineales, brindando conectividad de banda ancha inalámbrica sin necesidad de que exista una línea de vista directa a la estación de base. La velocidad de transmisión de datos puede llegar a 70 Mbps. Una estación de base típica puede albergar hasta seis sectores. La calidad de servicio está integrada dentro del MAC, permitiendo la diferenciación de los niveles de servicio.

El OFDM se originó en la década del 50/60 en aplicaciones de uso militar dividiendo el espectro disponible en múltiples subportadoras. La transmisión sin línea de vista ocurre cuando entre el receptor y el transmisor existen reflexiones o absorciones de la señal lo que resulta en una degradación de la señal recibida manifestándose por medio de los siguientes efectos: atenuación plana, atenuación selectiva en frecuencia o interferencia inter.-símbolo. Estos efectos se mantienen bajo control con el W-OFDM una tecnología propietaria de WI LAN desde 1994, bajo la patente 5,282,222 para comunicaciones inalámbricas de dos vías y banda ancha OFDM (WOFDM). Esta patente es la base para los estándares 802.11a, 802.11g, 802.11a R/A, 802.16, los cuales son estándares para HiperMAN.

Los sistemas W-OFDM incorporan además estimación de canal, prefijos cíclicos y códigos Reed-Solomon de corrección de errores.

Wi-LAN introdujo su línea de productos BWS 3000 basada en W-OFDM en octubre del 2001. Actualmente ha introducido en el mercado la tercera generación de equipos OFDM siendo el único proveedor mundial con una sólida experiencia en esta tecnología probada a través de la excelencia de sus equipos.

Es indudable que la gran mayoría de las redes de área local de hoy en día funcionan bajo el estándar 802.11b. Sin embargo, la creciente disponibilidad en el mercado de tarjetas de radio y Access points con tecnología 802.11a es la más clara señal de la existencia de otra poderosa tendencia en soluciones para las redes de área local "LAN". La presencia de ambas tecnologías lleva a los usuarios a confusiones sobre cuál es "mejor".

Las tecnologías 802.11a y 802.11b definen cada una capas físicas diferentes. Los radios 802.11b transmiten a 2.4 GHz y envían datos a tasas tan altas como 11Mbps usando modulación DSSS (Espectro Disperso de Secuencia Directa).

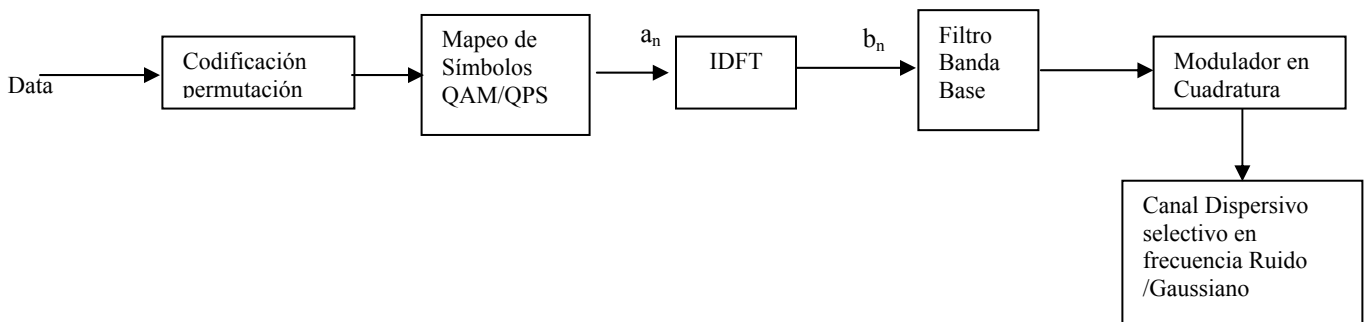
Mientras que los radios 802.11a transmiten a 5 GHz y envían datos a tasas de hasta 54 Mbps usando OFDM (Multiplexación de División de Frecuencia Ortogonal).

OFDM es una tecnología de modulación digital, una forma especial de modulación multi-carrier considerada la piedra angular de la próxima generación de productos y servicios de radio frecuencia de alta velocidad para uso tanto personal como corporativo. La técnica de espectro disperso de OFDM distribuye los datos en un gran número de carriers que están espaciados entre sí en distintas frecuencias precisas. Ese espaciado evita que los demoduladores vean frecuencias distintas a las suyas propias.

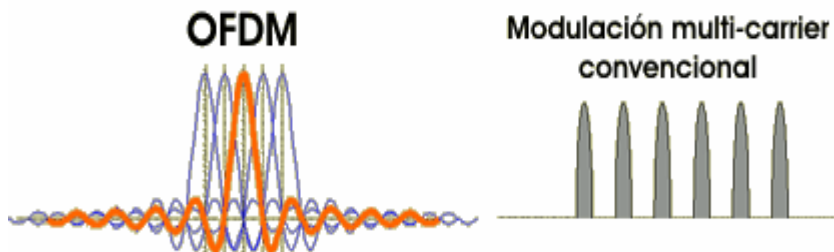
OFDM tiene una alta eficiencia de espectro, resiliencia a la interfase RF y menor distorsión multi-ruta. Actualmente OFDM no sólo se usa en las redes inalámbricas LAN 802.11a, sino en las 802.11g, en comunicaciones de alta velocidad por vía telefónica como las ADSL y en difusión de señales de televisión digital terrestre en Europa, Japón y Australia.

Un esquema simple de modulación en OFDM puede resumirse en la figura 12. Los datos de alta velocidad ingresan a los dispositivo de codificación y permutación,

posteriormente la información binaria es mapeada a una constelación de símbolos del tipo QSPK, 16-QAM o 64 QAM, generando la señal de salida  $\{a_n\}$ . Una vez realizado este proceso la señal es organizada en paralelo para ser ingresada en un bloque DSP, que calculará la transformada discreta inversa de Fourier (Inverse Discrete Fourier Transform, IDFT), produciendo la señal  $\{b_n\}$  como una suma de señales senoidales mostradas en las figuras 13 y 14. Luego en el Bloque DSP la señal  $\{b_n\}$  es filtrada en banda base y posteriormente desplazada a la frecuencia de portadora por el modulador en cuadratura para ser transmitida.

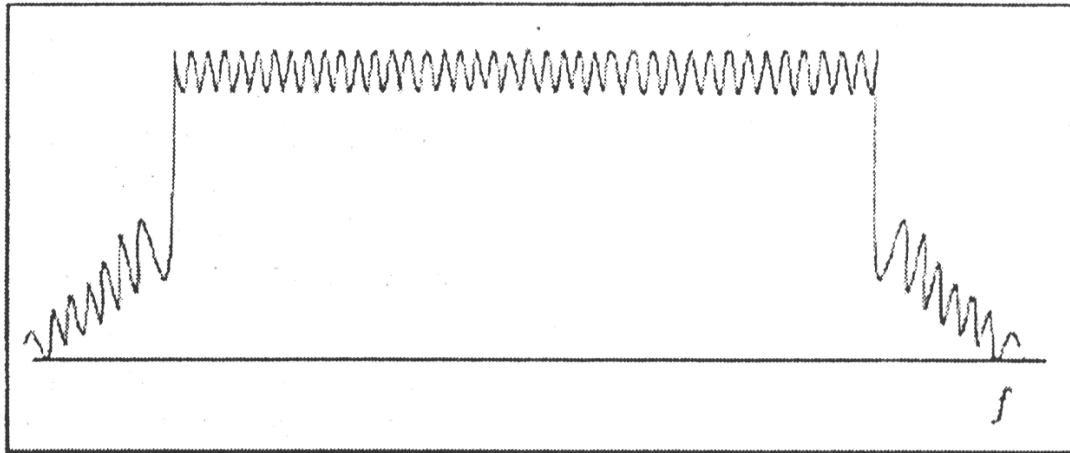


**Figura 12: Esquema simplificado de un Transmisor OFDM**



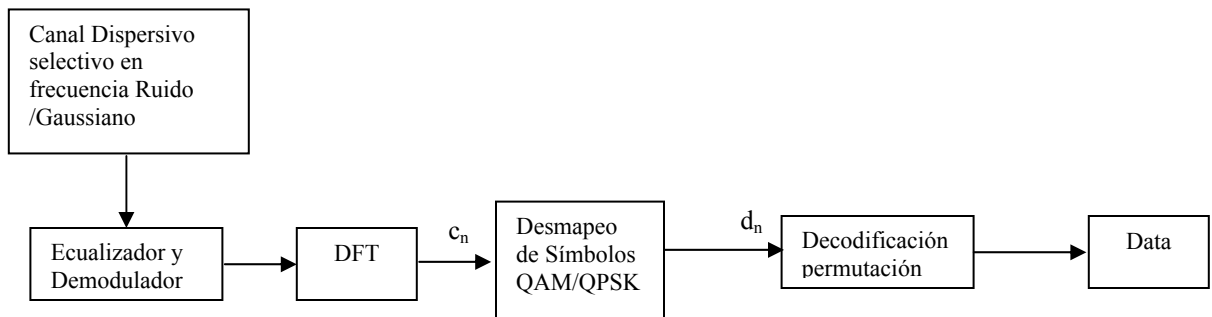
**Figura 13: El espectro de OFDM se traslapa**





**Figura 14: Espectro de frecuencia típico de una señal FDM**

El demodulador de la señal OFDM se compone de los bloques inversos del modulador, tal como se evidencia en la figura 15. 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 (Discrete Fourier Transform, DFT). Los datos de salida  $\{c_n\}$  son mapeados del esquema QAM o QPSK correspondiente y posteriormente le es aplicada la señal de salida  $\{d_n\}$  los algoritmos de corrección de errores que correspondan.



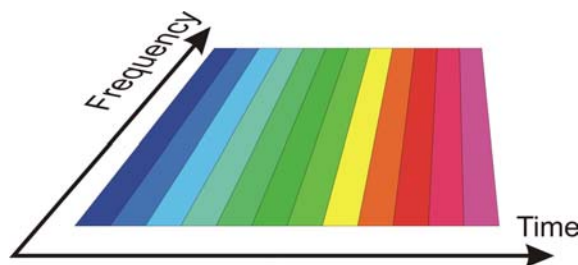
**Figura 15: Esquema simple de un Receptor OFDM**

La ventaja principal de este esquema de modulación en los canales dispersivos y selectivos en frecuencia y multitrayectoria (típicos de 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 portadoras) y 2048-OFDM para usuarios fijos y móviles NLOS.

### 8.21.1. 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 la capa de protocolos de MAC. La primera es conocida como Acceso Múltiple por División de Tiempo (Time Division Multiple Access, 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 el cual 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.

La información es transmitida en formatos de tramas. La trama se subdivide en el preámbulo del mensaje y los bits de finalización. Codificado en el mensaje se encuentra cada ranura de tiempo, la que a su vez posee los bits de control de la SS específica y el correspondiente mensaje.



**Figura 16: Esquema TDMA**

### 8.21.2. Principales características de un sistema TDMA

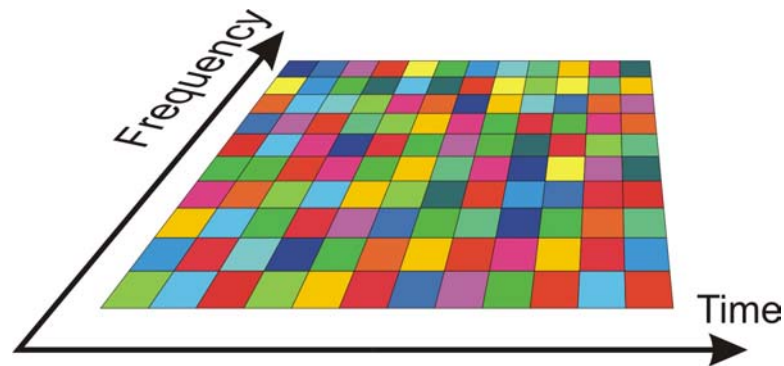
Las principales características que incluyen un sistema TDMA son las siguientes:

- TDMA 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 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
- TDMA utiliza diferentes ranuras de tiempo para transmitir y recibir información
- TDMA requiere de una cabecera de sincronización muy grande debido a la transmisión en ráfagas
- TDMA tiene una ventaja la cual consiste en poder 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 por el estándar 802.16 como método de acceso es el recientemente desarrollado Acceso Múltiple por división de Frecuencia Ortogonal (Orthogonal-Frequency Division Multiple Access, OFDMA), el cual es una variante del conocido esquema Acceso Múltiple por división de Frecuencia (FDMA). OFDMA está 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 (Fast Fourier Transform, FFT). Es decir, cada usuario transmite un conjunto de sub-portadoras correspondientes a los canales UL y DL, la cual son esparcidas a lo largo del ancho de banda disponible.

Cada sub-canal transporta un flujo de información específico, con diferente esquema de modulación, codificación y amplitud; por medio de los cuales se distinguen a 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 específicos son asignadas a grupos de frecuencias seleccionado por un proceso de permutación aleatoria, dentro del ancho de banda . Lo que produce en la práctica una forma de modulación en espectro disperso por salto de frecuencia (Frequency hopping Spread spectrum, FHSS).



**Figura 17: Esquema OFDMA. Cada color representa un usuario, cada usuario tiene su información distribuida en tiempo y frecuencia**

### 8.21.3. Principales características de un sistema OFDMA

Las principales características que incluyen un sistema OFDMA son las siguientes:

- OFDMA será empleado en 802.16 como método de acceso requerido por comunicaciones con características de canal muy agresivas
- En OFDMA se requieren 2048 o 4096 subportadoras para operación
- Se tiene previsto sub-canales para protocolos de control, tonos pilotos y subportadoras de ancho de guarda
- Tiene capacidad de manejo de canales de comunicación asimétrico (UL/DL), debido a que los sub-canales son asignados en función de los requerimientos de los usuarios
- OFDMA 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 (Code Division Multiple Access, CDMA), OFDMA ofrece una mejora en la capacidad de 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 la constituyen el efecto de alta relación de valor pico con respecto al valor promedio, lo que demanda amplificadores de potencia con mayores anchos de banda y por ende más costoso de producir

#### **8.21.4. W-OFDM - Wideband Orthogonal Frequency Division Multiplexing**

Este esquema de transmisión codifica la información en múltiples radio frecuencias simultáneamente. Dando como resultado, mayor seguridad y mayor velocidad. Esto lo convierte en el esquema más eficiente en el uso del ancho de banda en la industria.

W-OFDM es la base del estándar IEEE 802.11a que a su vez es la base para el estándar propuesto IEEE 802.16

Las características principales son:

- Ancho de Banda: 30Mbps
- Altamente inmune a interferencias

- Punto-a-Punto, 8 a 10Km
- Punto-Multi-Punto, 3 a 5Km
- Próximamente: 45Mbps, 90Mbps, 155Mbps

El reto de todos los días para la industria es lograr mayores velocidades de transmisión en las redes de datos/Internet. Una propuesta es el esquema de transmisión W-OFDM (Wide-band Orthogonal Frequency Division Multiplexing), este método como otros codifica los datos dentro de una señal de radio frecuencia (RF). Transmisiones convencionales como AM/FM envían solamente una señal a la vez sobre una frecuencia de radio, mientras que OFDM envía una señal de alta velocidad concurrentemente sobre frecuencias diferentes. Esto nos permite hacer un uso muy eficiente del ancho de banda y tener una comunicación robusta al enfrentar ruido y reflejos de señales.

La tecnología OFDM parte una señal de alta velocidad en decenas o centenas de señales de menor velocidad, que son transmitidas en paralelo. Esto crea un sistema altamente tolerante al ruido, al mismo tiempo es muy eficiente en el uso del ancho de banda y por lo tanto permite una amplia cobertura de área punto a punto y multipunto.

Actualmente existen equipos con la capacidad de transmitir desde 1.5Mbps hasta 30Mbps en 25MHz de ancho de banda y pronto se estarán produciendo equipos que superaran velocidades de 100Mbps. Adicionalmente a la velocidad, se cuenta con opciones de seguridad que hacen virtualmente imposible descifrar la señal que se transmite.

Los equipos con tecnología OFDM ayudan a las empresas a evitar los altos costos de instalación de cable, a eliminar rentas mensuales o cargos por licenciamiento. Son la solución ideal en distancias moderadas para redes de información punto a punto, multipunto, acceso de alta velocidad a Internet, extensiones de LAN/WAN, Videoconferencia, Telefonía, Telemetría, Control, Etc.

### **8.21.5. Capa física (PHY) del estándar 802.16**

Al igual que los estándares anteriores descritos por los grupos de trabajo 802, este esquema de transmisión de información se fundamenta en el modelo OSI, en él se definen claramente dos capas bien diferenciadas, la capa física (PHY) y la capa de control de acceso al medio (MAC), como el soporte de múltiples servicios como los de datos, voz video e Internet. A nivel de PHY el sistema establece los esquemas de interconexión, medios de transmisión, sistemas de modulación y bandas de frecuencia de operación. Estas últimas se clasifican en:

- Frecuencias de operación bajo licencia de 10 GHz a 66 GHz, cuyos enlaces funcionan bajo la modalidad de enlaces LOS y donde las multitrayectorias son despreciables, el ancho de banda estimado de canal es de 25 a 28 MHz, con tasa de transmisión de datos que supera los 120 Mbps, en modalidad PMP. Está considerado para enlaces de pequeñas oficinas y acceso doméstico (Small Office Home Office, SOHO), hasta clientes de gran demanda. Esta interfaz son conocidas como Wireless MAN-SC (Single Carrier)
- Frecuencias de operación bajo licencia de 2 GHz a 11 GHz, cuyos enlaces funcionan bajo la modalidad de enlaces NLOS y la multitrayectoria es importante, enlaces LOS ya no son requeridos. Las distintas modalidades bajo la cual opera esta interfaz son conocidas Wireless MAN-SCa, Wireless MAN-OFDM, Wireless MAN-OFDMA
- Frecuencias de operación sin requerimiento de licencia de 2 GHz a 11 GHz, cuyos enlaces funcionan con mayores restricciones que los anteriores y es conocida como Wireless MAN-HUMAN

La implementación de cada uno de estos sistemas (PHY) requiere, una cuidadosa planificación, asistida por programas de computación especializados, ya que se deben realizar análisis detallados de radio enlaces, presupuestos de potencia, LOS, NLOS, zonas de cobertura en áreas urbanas, cálculos de capacidades, reuso de frecuencia, interferencia y técnicas de mitigación de estas.

## CAPÍTULO III

### EVALUACION DE ALTERNATIVAS

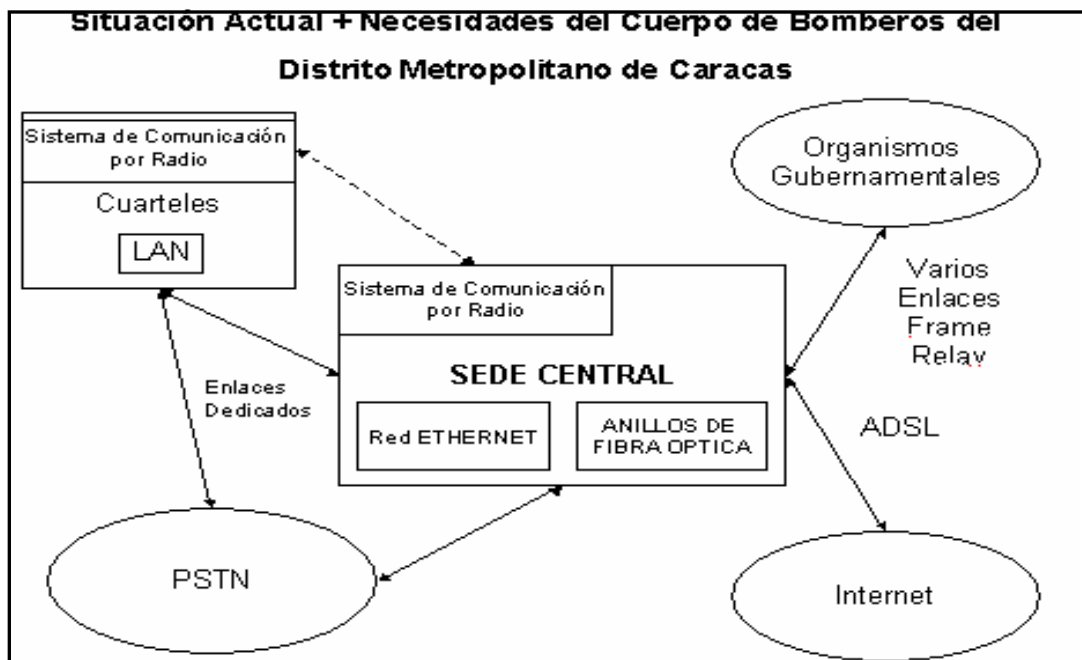
#### 1. Requerimientos Iniciales

Funcionalmente, el Cuerpo de Bomberos DMC necesita que la implementación de su red satisfaga los siguientes requerimientos:

1. En la comunicación interna en el cuartel central se debe mantener la configuración de red existente.
2. Implementación en los cuarteles de redes LAN para las comunicaciones de datos internas.
3. Establecimiento en el cuartel central enlaces externos con las 21 sedes adscritas al Cuerpo de Bomberos DMC y el cuartel central.
4. Instalación de enlaces, desde la sede central a los siguientes organismos gubernamentales:
  - a) Alcaldías (Metropolitana, Caracas, Miranda, Chacao, Sucre, Baruta)
  - b) Protección Civil (Nacional, Metropolitana, Chacao, Sucre).
  - c) Red de Salud del Distrito Metropolitano.
  - d) Ministerios (Educación, Ciencia y Tecnología, Defensa).
  - e) Policías (Disip, Metropolitana, Caracas, Chacao, Baruta, Sucre, CICPC)
  - f) Guardia Nacional.
  - g) Observatorio Cagigal.



- h) Funvisis (Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas).
5. Los enlaces deben garantizar el ancho de banda suficiente para el transporte de voz y datos, disponibilidad y alta confiabilidad.
  6. El medio de transmisión a utilizar deberá permitir en el futuro la transmisión de videoconferencia, para que el personal de primera línea de mando pueda establecer comunicación en tiempo real con los diferentes comandos bomberiles, para de esta forma poder emitir información de interés general o coordinar la toma de decisiones en los planes de acción de los grupos de emergencia ante un siniestro.
  7. Adecuar la red del cuartel central para implementar los enlaces e incorporar el nuevo tráfico proveniente de las diferentes estaciones de bomberos (cuarteles) y de los organismos gubernamentales.
  8. Instalar un sistema de monitoreo general de la red, que supervise todas las actividades realizadas en las sedes del Cuerpo de Bomberos.



**Figura 18: Situación actual y necesidades del Cuerpo de Bomberos DMC**

## 2. Estudio del flujo de datos

En la tabla 6 se presentan los datos de la cantidad de servicios prestados a la comunidad por las diferentes estaciones de bomberos. En la misma se aprecia que las estaciones que más servicios realizarán en el primer trimestre del año 2006 fueron las estaciones principales de cada zona: La Urbina, El Valle, Cuartel Central, La Moran, Catia, Chacao, Caricuao y el Cafetal, este indicador nos refleja que estas estaciones demandarán mayor tráfico de datos. También se puede observar que dentro del grupo de estaciones con mayor demanda de servicios está la estación de Parque Central, la misma se encuentra ubicada en el complejo de Parque Central.

**Tabla 6: Cantidad de servicios realizados por estaciones (Trimestre I-2006)**

| Nº | ESTACION<br>O CUARTEL | CANTIDAD TOTAL<br>DE SERVICIOS |
|----|-----------------------|--------------------------------|
| 1  | PARQUE CENTRAL        | 4.719                          |
| 2  | LA URBINA             | 3.372                          |
| 3  | EL VALLE              | 2.459                          |
| 4  | CUARTEL CENTRAL       | 2.428                          |
| 5  | LA MORAN              | 2.348                          |
| 6  | CATIA                 | 1.662                          |
| 7  | CHACAO                | 1.652                          |
| 8  | CARICUAO              | 1.632                          |
| 9  | EL CAFETAL            | 1.560                          |
| 10 | LA TRINIDAD           | 1.249                          |
| 11 | PLAZA VENEZUELA       | 1.132                          |
| 12 | EL BOSQUE             | 1.129                          |
| 13 | VALLE ABAJO           | 1.086                          |
| 14 | PARATE BUENO          | 1.070                          |
| 15 | MACARAO               | 959                            |
| 16 | EL HATILLO            | 898                            |
| 17 | SAN JOSE              | 880                            |
| 18 | SAN BERNARDINO        | 859                            |
| 19 | EL PARAISO            | 794                            |
| 20 | MARICHE               | 519                            |
| 21 | GATO NEGRO            | 332                            |

### 3. Análisis técnico de Alternativas

Para la transmisión de voz y datos (en el futuro video) se considerarán técnicamente, las características de ancho de banda, velocidad de transmisión, tipo de información y cobertura del sistema. Para realizar enlaces de larga distancia existen actualmente en Venezuela, las siguientes alternativas tecnológicas:

**Tabla 7: Alternativas técnicas**

| Servicio                    | Proveedor                             | Tecnología            | Aplicaciones  | Ventajas  | Desventajas   |
|-----------------------------|---------------------------------------|-----------------------|---|---|---|
| Enlaces Digitales Dedicados | CANTV                                 | TDM                   | - Serv. de voz<br>- Serv. de video<br>- Videoconferencia<br>- Velocidades desde 9.6 kbps hasta 2048 kbps<br>- Serv. de datos<br>- Canales comprimidos a 32 Kbps, 16 Kbps y 8 Kbps para canales E&M. | - Integración de voz, datos y video.<br>- Tarifa plana<br>- Interconexión digital a nivel nacional.<br>- Acceso internacional<br>- Ancho de banda hasta 2 Mbps.   | - Se requiere un enlace dedicado con cada estación de bomberos.<br>- Difícil mantenimiento<br>- Elevado costo   |
| Radio Enlace                | CANTV<br>MOVISTAR                     | Microondas Terrestres | - Serv. de voz y datos<br>- Serv. telefónico remoto<br>- Serv. de radiodifusión de televisión<br>- Trabajadores de campo<br>- Campos locales<br>- Usuarios privados                                 | Permite integrar dentro de una red conmutada o dedicada cualquier localidad, que no se encuentre cubierta por la red de CANTV lo que da una solución completa a todas las necesidades de cobertura e integración. | - Requiere un enlace dedicado con cada estación de bomberos<br>- Difícil mantenimiento<br>- Elevado costo   |
| ABA                         | CANTV                                 | ADSL                  | Serv. de voz, datos y video<br>- Velocidades desde 384 kbps hasta 2048kbps.   | - Conexión las 24 horas del día<br>- No ocupa la línea telefónica<br>- Tarifa plana<br>- Conexión de uno o varios computadores  | - Permite máximo 3 extensiones o aparatos conectados<br>- No funciona con bloqueadores de cero<br>- Para la conexión el usuario debe estar en un radio de 5 Km. de la central telefónica. |
| VSAT                        | IMPSAT<br>CANTV<br>TELEPORT<br>COMSAT | SCPC<br>y<br>TDMA     | - Monitoreo ambiental<br>- Vigilancia de tuberías<br>- Localizadores personales<br>- Lotería en línea<br>- Aprendizaje a distancia<br>- Serv. en gasolineras<br>- transmisión privada de voz        | - El serv. de transmisión de voz y datos es basado en enlaces satelitales.<br>- El acceso para la transmisión de voz es del tipo DAMA<br>- La topología de la   | - Reducido número de direcciones IP válidas<br>- tope del ancho de banda en 128 KB/s<br>- Su confiabilidad y disponibilidad depende de las condiciones atmosféricas.                      |

|                     |  |  |  |  |   |
|---------------------|--|--|--|--|---|
|                     |  |  | -Internet  | red es de tipo estrella<br>-Velocidades disponibles desde 64 KB/s hasta 128 KB/s<br>-No requiere enlace terrestre<br>-Transmisiones de voz, datos y video independiente<br>- 6 direcciones IP                          |   |
| VPN sobre X.25      | Sistema propietario con plataforma adquirida | Tecnología de conmutación de paquetes X.25               | Facilidad de crear una red privada usando una plataforma compartida.   | -Velocidades de acceso desde 19.2 KB/s hasta 64 KB/s<br>-Flexibilidad de topología punto-punto, punto-multipunto y malla<br>-Capacidad de monitorear y controlar el sistema<br>-Cobertura nacional e internacional     | -No se puede incrementar la velocidad de transmisión por encima de 64 KB/s<br>-No soporta voz y video<br>-Gran tiempo de retardo en las conexiones.   |
| Frame Relay         | CANTV  | Conmutación de tramas basado en el protocolo frame relay | -Interconexión LAN a LAN<br>-Transferencia de altos volúmenes de datos<br>-Acceso a sistemas de información centralizados desde localidades remotas<br>-Posibilidades de integrar voz y datos.           | -velocidades de acceso escalables desde 64 KB/s hasta 2048 KB/s<br>-Cobertura nacional<br>-Maneja tráfico de datos por ráfagas<br>- Tarifa plana independiente<br>-Reduce gastos telefónicos<br>-Se puede aplicar QoS. | -No permite transmisión de video de alta calidad.<br>- En algunos casos puede resultar mas costoso que un enlace dedicado.  |
| DIAL-UP             | CANTV<br>MOVISTAR<br>INTER-CABLE<br>DIRECTV  | RAS  | -Conexión a Internet<br>-Enlace de contingencia  | Bajo costo   | -Limitaciones en velocidad de transmisión<br>-No puede usarse para enlaces principales.   |
| REDES INALAMBRI CAS | Solución propietaria                         | OFDM   | -Compartir redes y recursos.<br>-Conectarse a Internet sin cables desde cualquier punto de la ciudad<br>-Instalación de redes en lugares donde es difícil o compleja la instalación de una LAN cableada. | -Flexibilidad de topología (punto-punto, punto-multipunto y malla)<br>- Usa tecnología de conmutación de paquetes para aplicaciones basadas en IP<br>-Opera en condiciones   | -Dificultades urbanísticas<br>-Altos costos<br>-La lluvia intensa absorberá parte de la señal transmitida<br>-Interferencia por equipos que operen a la misma frecuencia.<br>-Velocidad: Las redes cableadas alcanzan 100 MB/s mientras |

|  |  |  |  |   |  |
|--|--|--|--|---|--|
|  |  |  |  | adversas por<br>atenuaciones<br>debidas a pérdidas<br>de espacio libres<br>-Comparte<br>recursos y<br>conectividad sin<br>cables<br>-Alcanza<br>velocidades hasta<br>600 MB/s<br>-Provee seguridad<br>a través de los<br>siguientes<br>protocolos de<br>cifrado: WEP,<br>WPA e IPSEC<br>-Modulación<br>robusta<br>-Facilidad de<br>instalación<br>-Facilidad de<br>configuración. | que las redes<br>inalámbricas<br>alcanzan 54 MB/s. |
|--|--|--|--|---|--|

En la tabla 7 se presentan las alternativas que satisfacen los requerimientos técnicos para su evaluación. Del análisis de estas alternativas se pudo concluir que la solución al problema de conectividad del Cuerpo de bomberos es la instalación de una red inalámbrica de área metropolitana (WIMAN). Esto se debe a que técnicamente la comunicación va tener mejores niveles de seguridad en una red corporativa (INTRANET) que a través de la autopista de la información (INTERNET), ya que cada usuario va a validar su cuenta en un servidor de red, el cual estará ubicado en la oficina de informática del cuartel Central.

#### 4. Análisis económico de Alternativas

Desde el punto vista económico, a excepción de la opción del enlace de banda ancha (ABA), servicio que presta CANTV, las alternativas son más costosas que la instalación de una red inalámbrica de área metropolitana. A pesar de presentarse como la mejor opción la conectividad a través de enlaces de banda ancha (ABA), no es recomendable debido a que no es tan confiable como los enlaces inalámbricos, este análisis se puede observar en la tabla 8. En la tabla 9 se muestra los costos de las

diferentes alternativas u opciones de conectividad calculados para diez estaciones (LOS) y un tiempo determinando de cinco años, tiempo de vida útil promedio de los equipos de tecnologías de comunicaciones.

**Tabla 8: Costos por servicio de las diferentes alternativas propuestas**

| <b>Servicio</b>                      | <b>Tipo de Plan</b>   | <b>Costos Mensuales</b>                             | <b>Especificaciones</b>   |
|--------------------------------------|-----------------------|---|---|
| ABA Empresarial                      | Plan 1536             | Bs. 453.606,00                                      | Costos del MODEM Bs. 114.000,00.  |
| Enlaces Digitales Dedicados          | Velocidad de 2 MBps   | Bs. 6.680.000,00                                    | Costos de instalación: por cada estación sale en Bs.420.000,00 c/u (DTU).   |
| Radio Enlace                         | Velocidad de 2 MBps   | Bs. 2.365.00,00 (Hasta 40 Kms)                      | Costo de instalación por cada estación Bs. 7.095.000,00.  |
| VSAT (Sistema de Enlace Satelital)   | Velocidad de 256 Kbps | Bs. 9.675.000,00 (Por estación)                     | Costo por instalación de cada estación Bs. 2.687.500,00.  |
| Frame Relay                          | Hasta 2 estaciones    | Bs. 1.550.175,42                                    | Costos de instalación Bs. 480.000,00; por cada estación que tenga el servicio. Mas el acceso Bs. 891.840,008  |
| VPN (Red Privada Virtual) sobre X.25 | No se vende           | No posee  | Es un valor agregado al contratar uno de los servicios de comunicación de datos de CANTV  |
| WIMAN                                | No se vende           | El costo es único por la adquisición de los equipos | Costo de las Estación Base: Bs. 65.416.779 c/u<br>Costo de las Estación Suscritora: Bs. 6.024.764 c/u<br>Costo de los Switch: Bs. 2.000.000 c/u<br>Costo del sistema de Gestión Alvaristar: Bs. 54.256.782<br>Gerencia de proyecto, Ingeniería de detalle e instalación Bs. 88.815.302,00<br>Nota: el costo total del proyecto es de Bs. 500.000.000,00 sin incluir el IVA: |

**Tabla 9: Costos de los servicios calculados para 10 estaciones en 5 años.**

| <b>Servicio</b>            | <b>Costo Bs.</b> |
|----------------------------|------------------|
| ABA                        | 273.306.320,00   |
| Enlaces Digitales dedicado | 3.210.600.000,00 |
| Radio Enlace               | 1.489.950.000,00 |
| VSAT                       | 5.831.875.000,00 |
| Frame Relay                | 943.823.652,08   |
| Proyecto WIMAN             | 332.289.355,00   |

## **CAPÍTULO IV**

### **DISEÑO DE LA SOLUCION PROPUESTA**

El Cuerpo de bomberos del Distrito Metropolitano cuenta con el apoyo de la RED PLATINO para la instalación y administración de las dos estaciones base (BS) “BreezeACCESS” con un radio de línea de vista de 90° en su sede (Helipunto de la Torre Oeste de Parque Central), además se puede acceder a su rango de frecuencia sin costo de servicio. Debido a esta situación y un convenio marco entre el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) y la Alcaldía Mayor donde la Red PLATINO le presta servicio a la Alcaldía Mayor se realizó la selección de los equipos BreezeACCESS de Alvarion, en la selección de las antenas se consideró la estandarización de los equipos, como la Red PLATINO, posee este tipo de tecnología en su plataforma y desde allí se va a centralizar las comunicaciones del Cuerpo de Bomberos y también servir de puente en las comunicaciones con otros organismos del estado. También existen otros entes gubernamentales, los cuales se soportan bajo la plataforma de la red PLATINO, tales como: CADAFFE, PDVSA, otras alcaldías y Ministerio, entonces basado en la experiencia de estos organismos y la alianza estratégica entre PLATINO y Cuerpo de Bomberos del Distrito Metropolitano de Caracas, lo más conveniente es estandarizar la plataforma con los equipos antes mencionados.

Para dicha conexión cada estación o cuartel de bomberos requiere de la instalación de los siguientes equipos:

- Antenas suscriptoras (SS)
- Conmutadores (switch) programables de 24 puertos 10/100



## 1. Tecnología Wireless

### 1.1. Aspectos técnicos

La tecnología Wireless está orientada a servicios de sistemas de banda ancha inalámbrica. Los equipos BreezeACCESS VL, que se plantean para el diseño de la red del Cuerpo de Bomberos, poseen una alta capacidad y trabajan bajo el esquema de conmutación de paquetes, además, también soportan el servicio de direccionamiento IP a altas velocidades.

El sistema fue desarrollado para trabajar por celdas tal como lo hacen los sistemas de telefonía celular, el tamaño de la arquitectura puede variar y depende del crecimiento estructural, es decir, estos sistemas pueden contener un número determinado de celdas y se le pueden anexar otras en el futuro.

Los sistemas soportan redes virtuales “VLAN” basadas en el protocolo IEEE 802.1Q y se puede habilitar el servicio de redes privadas virtuales “VPN” lo que hace que estos transmitan la data con seguridad entre oficinas o puntos que están remotamente distantes. Además, el sistema soporta el servicio de prioridad de tráfico en capa dos basado en el protocolo IEEE 802.1p y el servicio de prioridad del tráfico basado en IP ToS.

Los equipos BreezeAccess pueden operar tanto en bandas licenciadas como no licenciadas, dependiendo de la frecuencia, usando modulación OFDM y código corrección de errores sin retransmisión (FEC). Habilita el servicio de operación de conectividad con línea de vista “LOS” y sin línea de vista “NLOS”.

**Tabla 10: Bandas y Frecuencias**

| Banda | Frecuencia (GHz) |
|-------|------------------|
| 4.9   | 5.030-5.091      |
| 5.2   | 5.150-5.350      |
| 5.4   | 5.470-5.725      |
| 5.8   | 5.725-5.850      |

El estándar IEEE 802.11a contempla canales con un ancho de banda de 20 Mhz, los equipos BreezeAcces VL ofrecen canales de ancho de banda de 10 Mhz, tal como se muestra en la figura 19.

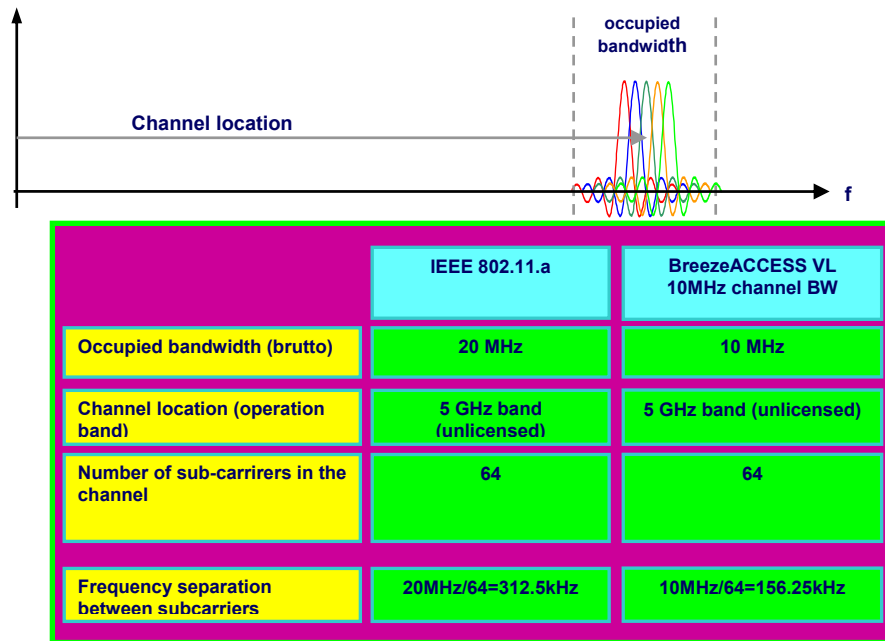


Figura 19: Valores del IEEE 802.11 a Vs. BreezeAcces VL

## 1.2. El proceso de modulación OFDM

El proceso de modulación OFDM están ilustrados en las figuras 20 y 21, para 20 y 10 Mhz respectivamente, donde los valores son calculados asumiendo que:

- Los símbolos son transmitidos uno después del otro sin ningún espacio entre cada símbolo.
- Todas las subportadoras son usadas para transportar datos
- Todos los bits en un símbolo son los bits de datos (son los bits del código de corrección de errores sin retransmisión “Forward Error Correction - FEC bits”)

La modulación OFDM es una modulación robusta por ser un tipo de modulación adaptativa, es decir dependiendo de la cantidad de bits por símbolos va a modular en cualquiera de las técnicas, el cual puede ser BPSK, QPSK, 16QAM ó 64 QAM y el canal va a tener capacidades de 20, 40 80 o 120 Mb/s para el caso de los sistemas de 20 Mhz y para los sistemas de 10 Mhz la capacidad de los canales va a ser el 50% que en el primer caso, para cada una de estas técnicas.

|             |  |   |  |
|-------------|--|---|--|
|             |  | IEEE 802.11.a (BreezeACCESS<br>VL 20MHz channel BW) |  |
| Symbol rate |  | 312.5 kBaud   |  |

|       |              | maximum theoretical bit rate |             |
|-------|--------------|------------------------------|-------------|
|       |              | per sub-carrier              | per channel |
| BPSK  | 1 bit/symbol | 312.5 kbps                   | 20 Mbps     |
| QPSK  | 2 bit/symbol | 625 kbps                     | 40 Mbps     |
| 16QAM | 4 bit/symbol | 1.25 Mbps                    | 80 Mbps     |
| 64QAM | 6 bit/symbol | 1.875 Mbps                   | 120 Mbps    |

**Figura 20: Parámetros principales del OFDM con canales de 20 MHz.**

|             |              |                                     |             |
|-------------|--------------|-------------------------------------|-------------|
|             |              | BreezeACCESS VL 10MHz<br>channel BW |             |
| Symbol rate |              | 156.25 kBaud                        |             |
|             |              | maximum theoretical bit rate        |             |
|             |              | per sub-carrier                     | per channel |
| BPSK        | 1 bit/symbol | 156.25 kbps                         | 10 Mbps     |
| QPSK        | 2 bit/symbol | 312.5 kbps                          | 20 Mbps     |
| 16QAM       | 4 bit/symbol | 0.625 Mbps                          | 40 Mbps     |
| 64QAM       | 6 bit/symbol | 1.250 Mbps                          | 60 Mbps     |

Figura 21: Parámetros principales del OFDM con canales de 10 MHz.

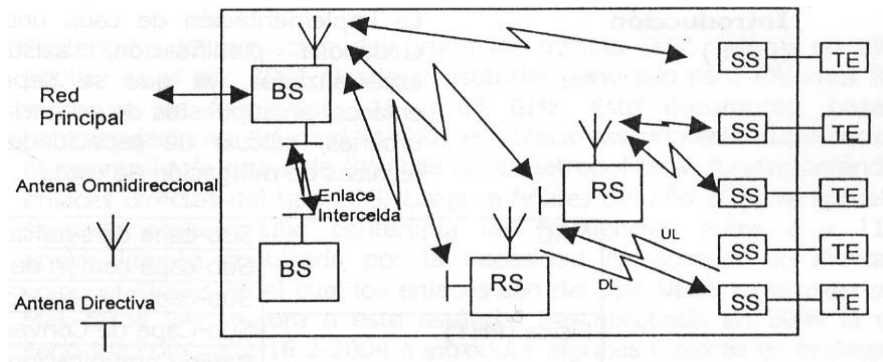
### 1.3. Arquitectura de los sistemas FBWA WIMAN

Los sistemas FBWA WIMAN están constituidos por los siguientes equipos:

- Estación Base (BS): Está constituido por un generalizado conjunto de equipos que proveen conectividad, control y administración a una estación de suscriptor (SS)
- Estación de Suscriptor (SS): Es un conjunto generalizados de equipos que proveen conectividad entre el equipo del usuario y la BS
- Enlace Intercelda: Es un conjunto de equipos de radio enlace que permite interconectar mas de una BS entre si
- Equipo Terminal (TE): Está conformado por una gran variedad de aparatos en el lado del cliente que le otorgan conectividad y servicios al usuario a través de una SS, vía una o varias interfaces
- Estación Repetidora (RS): Es una estación diferente de la BS que posee equipos de radio orientados en una o varias direcciones separadas entre sí . el tráfico recibido en una dirección puede ser retransmitido en una o varias direcciones en forma total o parcial

- Red de Núcleo: Es un conjunto generalizado de sistemas que interconecta a la BS con la red de proveedor de servicios
- Enlace de subida (UL): Radio enlace de comunicación entre la SS y la BS, en dirección a la BS
- Enlace de bajada (DL): Radio enlace de comunicación entre la SS y la BS, en dirección a la SS

En la figura 22 se presenta un esquema referencial de un sistema FBWA.



**Figura 22: Esquema referencial de un sistema FBWA**

## 2. Diseño de la red WIMAN del Cuerpo de Bomberos DMC.

El diseño de la red inalámbrica del cuerpo de bomberos se realizó en dos etapas. La primera etapa considera las estaciones que poseen línea de vista (LOS), la segunda etapa contempla el diseño de la red con las estaciones de bomberos que no poseen línea de vista (NLOS) directa con la torre oeste de parque central, lugar donde estarán ubicadas las estaciones bases.

La línea de vista con las diferentes estaciones de bomberos se estableció realizando visitas a los sitios con un equipo de posicionamiento geográfico satelital

(GPS). En cada estación se tomaron las coordenadas geográficas y además en algunos cuarteles se pudo comprobar la existencia de línea de vista a través de la inspección ocular. Con el levantamiento de la información de las coordenadas geográficas, se realizaron corridas con el software “Radio Mobile”, el cual permite realizar el cálculo de línea de vista de manera automatizada. De este procedimiento se generó el resultado del estudio de línea de vista para las estaciones de bomberos, tal como se presenta en los puntos 2.1 y 2.2: Estas gráficas se pueden observar en los anexos “B” y anexo “C.”

### **2.1. Estaciones de Bomberos “LOS “**

Las ubicaciones de las estaciones hacia el este y oeste de la ciudad se determinó, tomando como referencia la torre oeste de parque central, debido a que en el helipunto de estas torres estarán ubicadas las estaciones bases (BS).

Las estaciones o cuarteles de bomberos que presentan línea de vista son:

#### Con ubicación hacia el oeste de la ciudad:

- Cuartel Central
- La Morán
- El Paraíso
- Párate Bueno
- Gato Negro
- Los Flores de Catia
- San José
- Catia

#### Con ubicación hacia el este de la ciudad:

- Plaza Venezuela
- San Bernardino
- Chacao
- Valle Abajo

Las estaciones o cuarteles que tienen su ubicación geográfica hacia el oeste de la ciudad, deberán engancharse a la estación base que posee rango en su línea de vista hacia la zona oeste.

Las Estaciones Plaza Venezuela, San Bernardino, Chacao y Valle abajo estarán atachadas a la estación base que apunta su rango hacia el este de la ciudad debido a la ubicación geográfica hacia ese sector.

## **2.2. Estaciones de Bomberos “NLOS “**

### Con ubicación hacia el este de la ciudad:

- Filas de Mariche
- El Cafetal
- La Urbina
- La Trinidad
- El Hatillo
- El Bosque

### Con ubicación hacia el oeste de la ciudad:

- Caricuao
- Macarao
- El Valle

El siguiente análisis se realizó con el software anteriormente señalado, pero se pudo detectar que estaciones como Catia, San Bernardino y El Bosque el software la presentan de manera LOS, pero existen estructuras de edificios en el trayecto que obstaculiza la línea de vista, otro aspecto importante es que la estación de El Valle Abajo con el Radio Mobile no presenta línea de vista, pero esta estación posee una torre de aproximadamente 25 metros y se consigue la línea de vista.

### **3. Topología, Arquitectura, Planes de Enrutamiento y Direccionamiento IP**

La red inalámbrica de área metropolitana del Cuerpo de Bomberos del Distrito Metropolitano de Caracas tendrá una topología del tipo infraestructura con arquitectura NLOS y LOS. El plan de enrutamiento estará orientado básicamente hacia dos estaciones base ubicadas en el helipunto de la torre Oeste de Parque Central. Dichas estaciones bases cubrirán el tráfico que se transmite desde las estaciones de bomberos ubicadas hacia el oeste de la ciudad y las transmisiones de las estaciones de bomberos ubicadas en la parte este de la ciudad.

El Direccionamiento IP de la red del cuartel central está diseñado dentro de una red clase B en el rango 172.30.X.X./19, lo que significa que tanto las estaciones bases como las estaciones suscriptoras para la transmisión de datos deben configurarse dentro del mismo direccionamiento IP.

### **4. Diseño y Desarrollo de los Nodos (Ubicación de las estaciones bases)**

Las estaciones Bases a recomendar en este diseño son los equipos Alvarion BreezeAccess VL con un radio de cobertura de 90 grados, y su ubicación debe ser en el helipunto de la torre oeste de parque central, debido a las siguientes razones:

- La seguridad física de los equipos está garantizada por el Centro Simón Bolívar, ente que se encarga de la administradora del complejo Parque Central.
- La administración de las estaciones bases estará a cargo de la Red Platino, debido a que este ente tiene sus oficinas en la misma torre donde estarán ubicadas las antenas bases.
- La ubicación de la estructura, es decir la torre oeste, está en el centro de la ciudad, permitiendo así conseguir la más amplia cobertura con los diferentes cuarteles de bomberos.
- La altura del referido edificio es importante para lograr la conectividad con el mayor número de cuarteles de bomberos.



## **5. Supervisión y Monitoreo de la red**

Existen varios sistemas de monitoreo para redes. Actualmente la red PLATINO tiene en uso el BreezeCONFIG, el cual es un sistema de monitoreo y administración de manejo sencillo. El cuerpo de Bomberos conjuntamente con la cotización de los equipos de red inalámbrico tiene contemplado un sistema de gestión y monitoreo para la red inalámbrica, este sistema es el AlvariSTAR, el cual está diseñado para maximizar el potencial de la red, incorpora una funcionalidad de última generación, que ofrece topología de red, gestión de fallas, provisionamiento de equipos de red, monitoreo de rendimiento, gestión de seguridad, interfaz con bases de datos e interfaz con sistema de gestión de nivel superior.

## **6. Adecuación de la Red del Cuartel Central**

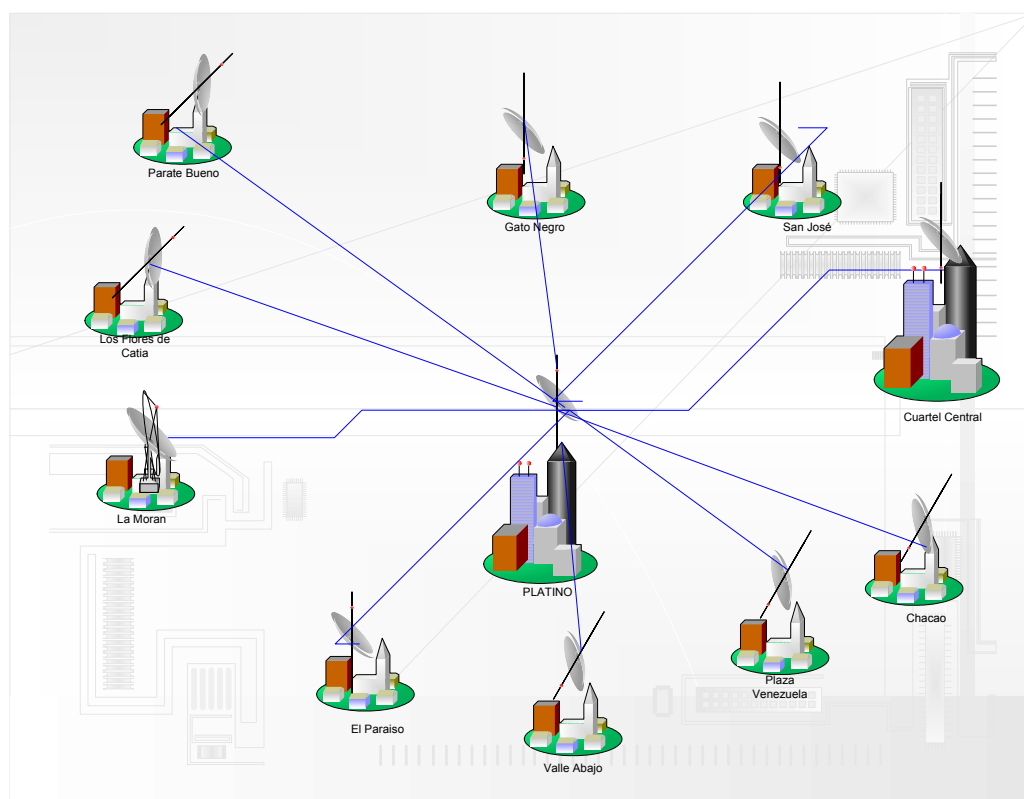
La red del cuartel central no sufrirá modificación alguna, tanto servidores como switches y router mantendrán el mismo direccionamiento IP, pero se recomienda la instalación de un servidor Proxy para evitar el broadcast en los enlaces y administrar el tráfico de la red.

## **7. Planteamiento de un Sistema de Contingencia para la comunicación de datos**

Es importante para el cuerpo de bomberos poseer un sistema de comunicaciones alternativo, debido a que por ser un organismo de seguridad y defensa nunca debería quedar incomunicado con ninguna de sus sedes, es decir, si en el área metropolitana se genera un evento de gran envergadura, donde colapsen los servicios, y entre ellos los servicios de comunicaciones, el Cuerpo de Bomberos para poder garantizar la atención del evento debe tener comunicación constante con todas sus unidades. En consecuencia se recomienda establecer la implementación de un sistema de comunicaciones inalámbrico en la frecuencia de 4.900 Mhz, frecuencia que es de uso exclusivo para casos de desastre.

## 8. Diseño de la solución propuesta

El diseño de la red se realizó en función de la ubicación geográfica de los cuarteles de bomberos en el Distrito Metropolitano de Caracas y considerando, las estaciones o cuarteles de bomberos que presentan línea de vista. También se consideró el aspecto operativo del Cuerpo de Bomberos y el aspecto técnico de conectividad. Desde el punto de vista operativo se tomó en consideración conectar el cuartel central con las estaciones pilotos de cada zona y con las dos estaciones que operan como jefatura de área y jefatura de división. Desde el punto de vista técnico el diseño se presenta en la figura 23. En esta figura se presenta la conexión estrella entre los diferentes cuarteles con centro en el Helipunto de la torre Oeste de Parque Central.

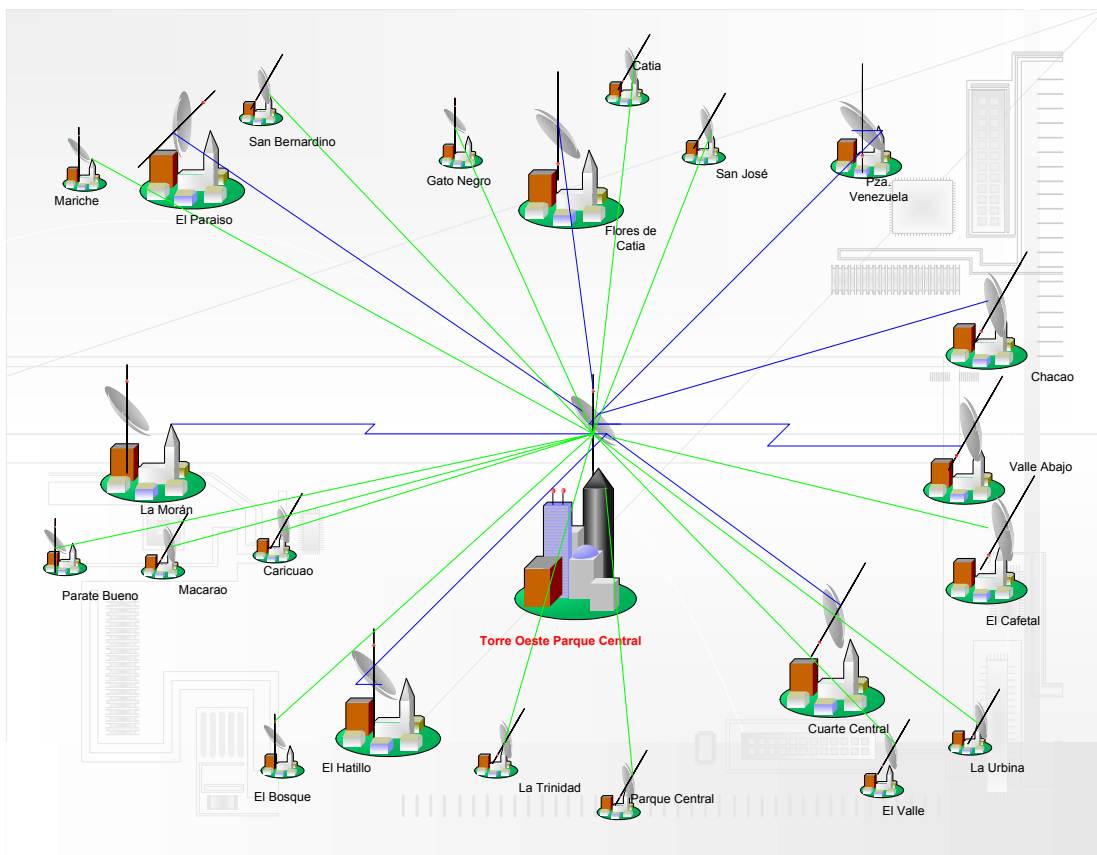


**Figura 23: Diseño propuesto para la conexión inalámbrica general del CBDMC**

El proyecto será ejecutado en dos etapas debido a la disponibilidad presupuestaria del Cuerpo de Bomberos. La primera fase se presenta en la figura 23,

en la misma se prevé conectar las estaciones que poseen línea de vista tanto de la zona este como las de la zona oeste, dándole prioridad a las estaciones pilotos o principales de cada distrito, entre ellas están las siguientes estaciones: Cuartel Central, La Morán, Catia, Plaza Venezuela, San Bernardino y Parque Central. Para la segunda fase se considera la ampliación de la red para incluir el resto de las estaciones tal como se observa en la figura 24, incluyendo las estaciones NLOS tales como: El Cafetal, La Urbina, El Bosque, Caricuao y el Valle.

Con las estaciones de El Cafetal, La Urbina y El Bosque se realizaron pruebas desde el hotel Humboldt, ubicado en el parque Nacional el Ávila y se pudo determinar que a través de este punto se puede establecer la conectividad, pero también se debe realizar un enlace punto a punto con la red platino.



**Figura 24: Esquema de red inalámbrica que incluye los 22 cuarteles.**

En la figura 24 se observa en su totalidad la red con conexión vía inalámbrica para 22 cuarteles de bomberos, pero además existen 4 Estaciones de permanencia temporal (Avanzadas) y 1 estación móvil (Puesto de comando), que también deberían poseer este recurso comunicacional y así permitir la automatización de la recolección de la información para su oportuno procesamiento.

Los componentes del sistema de conexión propuesto son: 2 Estaciones Bases (BS) ubicada en el helipunto de la Torre Oeste de Parque Central, 27 Estaciones suscriptoras (SS) que estarán ubicadas en los diferentes cuarteles, las 4 estaciones de permanencia temporal (avanzadas) y el puesto de comando (unidad móvil). En la primera fase se instalarán 10 de las antenas en los cuarteles con línea de vista hacia las estaciones bases y 9 conmutadores (switch) programables.

La elaboración de la segunda fase de este proyecto, contempla la instalación de las antenas y conmutadores programables, en cada una de los cuarteles NLOS (12 en total).

Cada estación de bomberos se comunicará con la sede central de bomberos ubicada en San Agustín de Norte, teniendo como puente la RED PLATINO a través de la interfaz de acceso inalámbrico. Este edificio contará con dos estaciones base BreezeACCESS VL con un radio de línea de vista de 90 grados que permitirá el acceso. A su vez y como primera fase del proyecto, 10 estaciones de bomberos LOS (Cuartel Central, La Moran, Valle Abajo, Los Flores, Plaza Venezuela, San José, Párate Bueno, Chacao, Gato Negro y El Paraíso) contarán con antenas BreezeACCESS suscriptoras, lo cual hará posible la conexión a la sede central, en donde estará ubicado el servidor de base de datos para registrar toda la información referente a los servicios atendidos por cada una de las estaciones mencionadas. Las estaciones pilotos registrarán la información de servicios realizados, correspondientes a los cuarteles adscritos dentro de su área de cobertura o zona. A su vez cada estación piloto se encargará de procesar el envío de la información.

## **9. Configuración del hardware**

En esta parte se describirá la configuración del hardware asociados al sistema (antenas, equipos conmutadores, etc.).

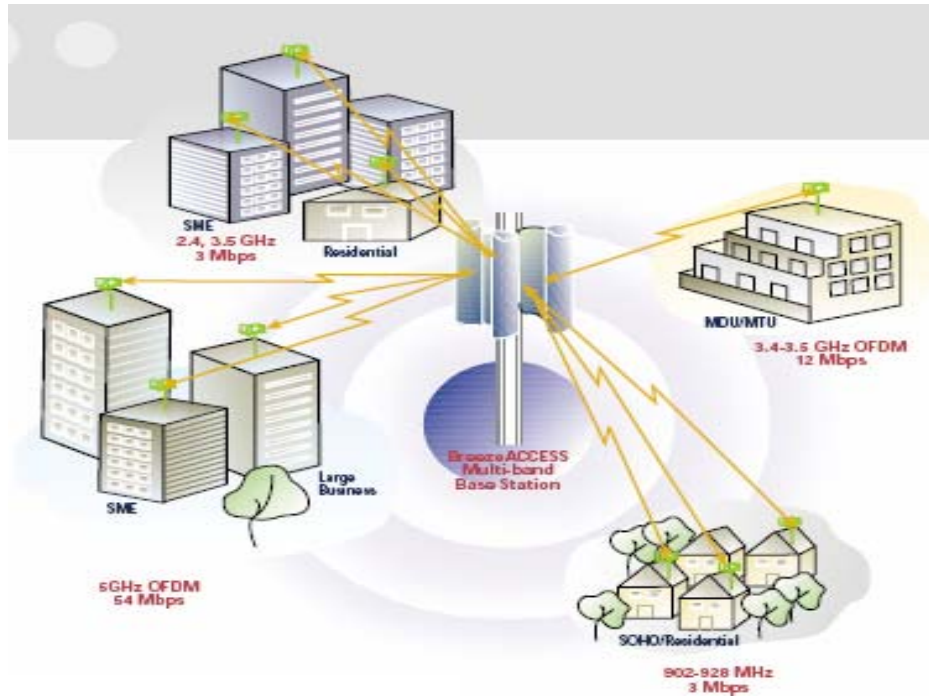
### **9.1. Características técnicas de las antenas**

La selección de las antenas se realizó considerando la estandarización de los equipos, como la Red PLATINO posee las antenas BreezeACCESS de Alvarion en su plataforma y desde allí se va a centralizar las comunicaciones del Cuerpo de Bomberos hacia sus dependencias y con otros organismos del estado, lo más conveniente es estandarizar la plataforma tecnológica con antenas BreezeACCESS.

### **9.2 Antena BreezeACCESS**

Las características más resaltantes de las antenas BreezeACCESS son las siguientes:

1. Protocolo de aire Adaptive Circuit Switched Emulation (ACSE) para mantener eficiencia de la transmisión IP, mientras que reserva recursos para el tráfico activo de voz.
2. Modos TDD (time division duplex) y FDD (frequency division duplex)
3. Calidad de voz “toll quality” con puertos de voz RJ-11 integrados en las unidades de abonados en combinación con el gateway V5.1, proporciona características avanzadas de telefonía
4. Características mejoradas de Calidad de Servicio (QoS), tal como VPNs basadas en 802.1Q, priorización
5. 802.1p, configuración CIR/MIR
6. Sistema de gestión remota basada en SNMP fácil de usar
7. Funciona en las bandas de 2.4 y 5.4 GHz
8. Ancho de banda bruto desde 6Mbps a 54Mbps



**Figura 25: Esquema general de red inalámbrica**

### 9.3. Antena BreezeACCESS VL

Esta antena es la estación base y estará ubicada en el helipunto de la torre Oeste de Parque Central. Las características más resaltantes de este equipo son las siguientes:

1. Mecanismos QoS mejorados, tales como administración del ancho de banda, asignación dinámica de capacidad y priorización. MIR / CIR
2. Opciones de seguridad avanzada, incluyendo transmisión y autenticación encriptadas por WEP y VLANs basadas en 802.1Q
3. Instalación y desempeño optimizados por medio de ATPC (Control Automático de Potencia de Transmisión) y selección automática de modulación, carga y descarga remota de archivos de configuración y actualización remota de software
4. Tipos de CPE disponibles: SU-A y SU-D
5. Modulación Adaptable.

6. 324 Mbps por estación base.
7. 500 usuarios por sector, 3000 usuarios por estación base



**Figura 26: Antena BrezzeAcces, Estación Base y demás componentes para la conectividad de red WIMAN**

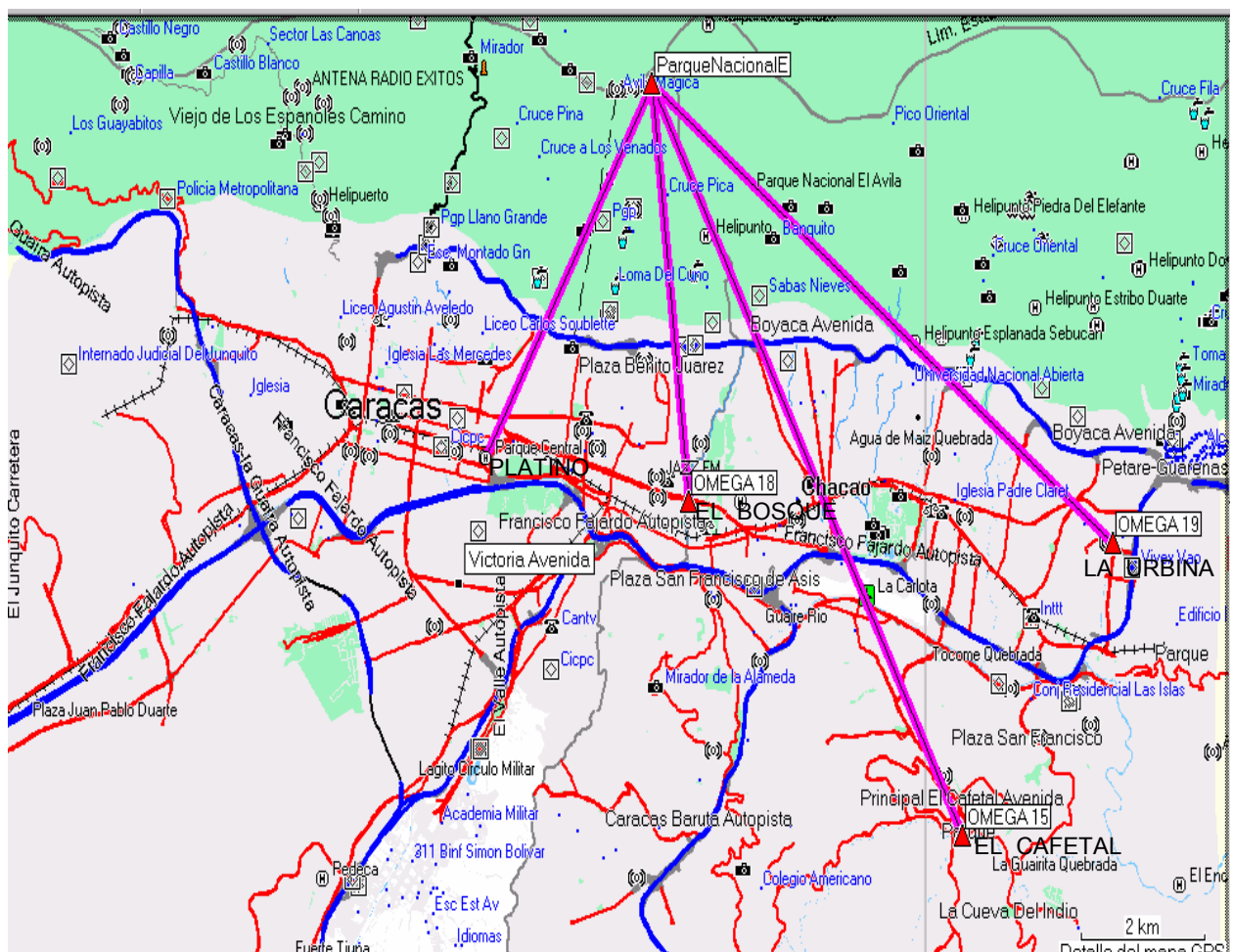
## 10. Pruebas realizadas

El pasado Diciembre del 2006 se realizaron pruebas de conectividad utilizando dos estaciones bases y 5 estaciones suscriptoras. Las estaciones bases se colocaron en el helipunto de la torre oeste de parque central y las cinco estaciones suscriptoras se colocaron en: Cuartel Central, Estación Plaza Venezuela, Estación la Moran, Puesto de comando. El vehiculo del puesto de comando fue ubicado frente al CNE también se consideraron Puesto de comando alternativo, como estación de contingencia en caso que fallara el principal.

Las pruebas realizadas que se describen en el párrafo anterior obtuvieron un 100% de conectividad, se estableció una sala situacional en la sede central de

bomberos y a través de los diferentes enlaces se realizaron pruebas de transmisión de voz, datos y video.

También en el primer trimestre del año en curso se realizaron pruebas con las estaciones de Catia, San Bernardino, El Valle, El Cafetal, El Bosque y La Urbina. En esta sección de pruebas se logró establecer conectividad a través del rebote de la señal con el Helipunto de la torre Oeste de Parque Central, las estaciones de Catia y San Bernardino y a través de un punto de un repetición colocado en el Hotel Humboldt en el Ávila (ver figura 27). De esta manera se logró la conectividad de los cuarteles El Cafetal, El Bosque y La Urbina. Por otra parte la estación del Valle logra obtener la señal a través del Ministerio de la Defensa, ubicado en el Fuerte Tiuna, y no a través del Hotel Humboldt o hacia la torre Oeste de Parque Central.



**Figura 27: Conectividad a través del punto de repetición del Ávila**



## **10.1. Configuración de las antenas**

Las antenas ALVARION, se configuran en modo administrador a través de la dirección IP 10.0.0.1. Otro tipo de configuración es de manera automática, que la efectúa la unidad suscriptora con la estación base, el enganche se realiza a través de la dirección MAC, pero el administrador también puede configurar el enlace de la antena suscriptora con la estación base a través del ESSID, y esto garantiza el enganche de manera segura.

## **10.2. Configuración de los Servidores y Conmutadores (SWITCH)**

Los equipos actuales que posee el Cuerpo de Bomberos en su parque informático tales como servidores y switches, no requiere de ningún cambio en su configuración, pero para que las estaciones puedan tener un acceso a redes externas o a internet se requiere de una traducción de direcciones que le permita con una sola conexión a la red de redes y unas cuantas direcciones IP válidas, de esta manera se puede tener un buen control sobre la seguridad de la red y sobre el tipo de información intercambiada con las redes externas.

Los usuarios de las diferentes estaciones o cuarteles de bomberos deberán autenticarse en el servidor de red del Cuerpo de Bomberos a través del método de "Traducción de Direcciones de Red", Network Address Translation (NAT), el cual es un mecanismo mediante el que las direcciones IP son mapeadas desde un dominio de direcciones a otro, proporcionando encaminamiento transparente a las máquinas finales. Existen muchas variantes de traducción de direcciones que se prestan a distintas aplicaciones. Sin embargo todas las variantes de dispositivos NAT debería compartir las siguientes características:

- Asignación transparente de direcciones.
- Encaminamiento transparente mediante la traducción de direcciones (aquí el encaminamiento se refiere al reenvío de paquetes, no al intercambio de información de encaminamiento).
- Traducción de la carga útil de los paquetes de error ICMP

## CONCLUSIONES

La esencia de este trabajo de grado consiste en plantear una solución a los problemas de comunicaciones entre los diferentes cuarteles del Cuerpo de Bomberos para el transporte de datos de eventos y servicios que van a servir para procesar la información estadística en el tiempo mínimo establecido.

Así como es de vital importancia la comunicación interna del Cuerpo de Bomberos, bien sea entre las diferentes sedes y/o sus diferentes unidades, ésta organización necesita estar comunicado con otros entes externos y principalmente con organizaciones gubernamentales, que puedan prestar apoyo a la institución bomberil, cuando estos sean requeridos para contribuir a la toma de decisiones en eventos adversos que afecten a la comunidad, así como también dar soluciones a problemas comunes en la sociedad, donde el Cuerpo de Bomberos tenga cobertura en la prestación de servicios.

Actualmente el Cuerpo de Bomberos cuenta con un cuartel central de bomberos y 21 estaciones, además posee una red LAN en el cuartel central que dispone de 5 servidores de aplicaciones (base de datos, red, mensajería interna, antivirus e ISA SERVER), 10 Switches Ethernet, un enlace FDDI y un router, el cual mantiene comunicación con la Dirección de Tecnología de la Alcaldía Metropolitana de Caracas a través de un enlace FRAME RELAY. Sin embargo el Cuerpo de Bomberos carece de una plataforma de comunicaciones de datos entre sus diferentes sedes. Para darle solución a este problema se analizaron varias alternativas, considerando que la mejor propuesta para dar solución al problema de comunicaciones voz, datos y video es la implementación de una red inalámbrica de

banda ancha metropolitana (WIMAN), que pueda cubrir todos los cuarteles de bomberos. La implementación debe realizarse en dos fases: inicialmente con las estaciones de bomberos LOS y luego conectar las estaciones que no presentan línea de vista (NLOS). La implementación de esta fase amerita un tratamiento especial, debido a que se debe dar solución a la conectividad de estas estaciones a través de enlace que pasen por puntos de repetición con antenas stand alone, ubicadas en sitios geográficos donde estos equipos sirvan de puente entre la estación base y los cuarteles de bomberos NLOS.

Técnicamente el proyecto es factible, pero tiene sus limitaciones económicas. Debido al alto costo de los equipos, estos muy difícilmente se podrán adquirir de forma total a través del presupuesto ordinario del Cuerpo de Bomberos, ya que el mismo es limitado. No obstante se recomienda solicitar los recursos a través de algún ente del estado como el FIDES o el LAEE, o realizar adquisiciones parciales por el presupuesto ordinario de la institución. El costo total del proyecto es de Bs. 500.000.000,00

Si comparamos la anterior propuesta con el servicio ABA suministrado por CANTV, que es el más económico de los planteados en las alternativas de solución, podemos observar que en un lapso de 4 años y medio se invertiría el costo correspondiente a 10 antenas suscriptoras y dos antenas bases. Debido a esto se recomienda realizar la inversión en la compra de los equipos que serán propiedad del Cuerpo de Bomberos y garantizarán seguridad en la transmisión de datos.

El sistema de redes inalámbricas para el cuerpo de bomberos va a funcionar en la banda de 5.8 Ghz, pero se recomienda poseer un sistema de contingencia que garantice la transmisión de los datos en caso de una caída del sistema principal. En este sentido se recomienda la implementación de un sistema de contingencia en la banda de 4.9 Ghz, la cual es una frecuencia para casos de desastre. En ambos casos se debe solicitar ante el ente regulador (CONATEL) el permiso para el uso del espectro radioeléctrico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

### Libros

1. Barrios, M. (1998). *Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestrías y Tesis Doctorales*. Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (FEDUPEL). Caracas-Venezuela
2. Bates, R. (2003). *Comunicaciones inalámbricas de banda ancha*. Editorial McGraw-Hill. España
3. Craig, Z. (2002). *Redes. Manual de Referencia*. Editorial McGraw-Hill / Osborne Media. México
4. Dr. Sidnie, F. (1998). *TCP/IP*. Editorial Osborne McGraw-Hill. España
5. Keagy, S. (2001). *Integración de Redes de Voz y Datos*. Editorial CISCO Press autorizado por Pearson Educación. España
6. Paquet, C. y Teare, D (2001). *Creación de Redes CISCO Escalables*. Editorial CISCO Press autorizado por Pearson Educación. España
7. Shaughnessy, T. y Velte T. (2000). *Manual de CISCO*. Editorial Osborne McGraw-Hill. España

## Manuales

8. *BreezeAccess VL*, Version 2.0 (2003)  
Alvarion.
9. Curso *WIMAX* (Noviembre 2006)  
CONATEL, Caracas.

## Referencias

10. CBDMC. Dpto. de Estadísticas (2006) *Resumen Estadístico*  
Cuerpo de Bomberos Metropolitanos. Caracas.
11. Mendillo, V. (2006) *CD de Redes inalámbricas*  
UCV. Caracas.

## Referencias en Línea

12. HACK (2007), White Paper: Introducción a los sistemas PBX  
<http://mailman.argo.es/pipermail/hacking/2002-September/001170.html>
13. Intel Labs (2007), White Paper: 802.11 Wireless Networks  
[http://www.intel.com/standards/case/case\\_802\\_11.htm](http://www.intel.com/standards/case/case_802_11.htm)
14. Universidad Nacional de La Plata Argentina. (2007). White Paper: Introducción a los sistemas de comunicaciones digitales.  
<http://www.ing.unlp.edu.ar/comunica/doc/senalespam.pdf>
15. White Paper: communications network System (2007).  
<http://gauss.ffii.org/PatentView/EP1021001>
16. White Paper: Telecoms Terms Encyclopaedia. (2007)  
[http://www.mpirical.com/companion/mpirical\\_companion.html#http://www.mpirical.com/companion/IP/DIFS\\_-DCF\\_Interframe\\_Space.htm](http://www.mpirical.com/companion/mpirical_companion.html#http://www.mpirical.com/companion/IP/DIFS_-DCF_Interframe_Space.htm)

17. White Paper: ESSID (2007)

<http://www.cryer.co.uk/glossary/e/ssid.htm>

18. White Paper: WIMAX FORUM Certified (Junio, 2006)

[http://www.wimaxforum.org/technology/downloads/wimax\\_wifi\\_june3.pdf](http://www.wimaxforum.org/technology/downloads/wimax_wifi_june3.pdf)

19. White Paper: Tecnología xDSL (Marzo, 2007)

<http://www.bandaancha.st/documentos.php?docid=28>

## GLOSARIO

### **Ad hoc**

Hay un pequeño porcentaje de redes 802.11, denominadas redes *ad hoc*, que utilizan comunicación directa de equipo a equipo. Las redes ad hoc hacen posible que los equipos "hablen" (envíen información) de manera directa de uno a otro. Para que funcione una red ad hoc, todos los equipos de la red deben tener instalada una tarjeta de red inalámbrica que tiene que configurar (instaladas en cada uno de los equipos que conforman la red) en modo Ad Hoc.

### **AES**

En criptografía, Advanced Encryption Standard (AES), también conocido como Rijndael, es un esquema de cifrado por bloques adoptado como un estándar de cifrado por el gobierno de los Estados Unidos. Se espera que sea usado en el mundo entero y analizado exhaustivamente, como fue el caso de su predecesor, el Data Encryption Standard (DES). El AES fue anunciado por el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST) como FIPS PUB 197 de los Estados Unidos (FIPS 197) el 26 de noviembre de 2001.

### **AP**

Un punto de acceso inalámbrico (WAP o AP por sus siglas en inglés: Wireless Access Point) en redes de computadoras es un dispositivo que interconecta dispositivos de comunicación inalámbrica para formar una red inalámbrica. Normalmente un "AP" también puede conectarse a una red cableada, y puede transmitir datos entre los dispositivos conectados a la red cableada y los dispositivos

inalámbricos. Muchos WAPs pueden conectarse entre sí para formar una red aún mayor, permitiendo realizar "roaming". Son los encargados de crear la red, están siempre a la espera de nuevos clientes a los que dar servicios. El punto de acceso recibe la información, la almacena y la transmite entre la WLAN (Wireless LAN) y la LAN cableada

## **ATM**

El Modo de Transferencia Asíncrona o Asynchronous Transfer Mode (ATM) es una tecnología de telecomunicación desarrollada para hacer frente a la gran demanda de capacidad de transmisión para servicios y aplicaciones.

## **Canales E&M**

Estos enlaces analógicos se utilizan para conectar varias centrales entre si de manera que pueden enviarse llamadas de una a otra. Se llaman E&M porque por un grupo de pares (Ear = oído) van los datos de conexión, tiempo de llamada, etc y por la otra (Mouth = Boca ) va la voz de la llamada. Es un sistema que ha evolucionado mucho y actualmente se utiliza la llamada señalización versión V.

En muchos casos se sustituyen por sistemas QSIG que permiten la señalización y el intercambio de datos entre centrales a través de líneas RDSI standard. QSIG tiene además la ventaja de que no es propietario por lo que permite la interconexión de centrales de diferentes fabricantes

## **CDMA**

La multiplexación por división de código o CDMA es un término genérico que define una interfaz de aire inalámbrica basada en la tecnología de espectro extendido (spread spectrum). Para telefonía celular, CDMA es una técnica de acceso múltiple especificada por la TIA como IS-95.

## **CONATEL**



La Comisión Nacional de Telecomunicaciones fue creada para regular las telecomunicaciones en Venezuela. Aunque se presentan como una actividad económica libre para las personas, la Constitución y la Leyes establecen el marco regulatorio necesario para asegurar el interés del Estado en su prestación. Así, el Estado ejerce los poderes de regulación, supervisión y control sobre la actividad pero no se reserva la prestación de los servicios de telecomunicaciones, alentando, por el contrario, la participación de los particulares en la prestación de los servicios de telecomunicaciones e interviniendo cuando se hace necesario para asegurar el acceso universal a la información.

### **Conmutador**

Un conmutador (*switch*) es un dispositivo de conexión que permite la transmisión de datos desde distintos equipos de una red al mismo tiempo. Un conmutador es más caro que un hub, pero puede transmitir información de una manera más rápida cuando hay varias personas utilizando la red al mismo tiempo.

### **CPE**

El CPE es un equipo de telecomunicaciones usado en interiores como en exteriores para originar, encaminar o terminar una comunicación. Son unidades terminales asociadas a equipamientos de telecomunicaciones, localizadas en el lado del suscriptor y que se encuentran conectadas con el canal de comunicaciones del proveedor o portador de información, sean estos datos, voz o video. EL CPE es una antena de transmisión que trabaja en la frecuencia de los 2.5 MHz, normalmente puede tener un alcance diametral de varios kilómetros.

### **CRC**

Los códigos cíclicos también se llaman CRC (Códigos de Redundancia Cíclica) o códigos polinómicos. Su uso está muy extendido porque pueden implementarse en hardware con mucha facilidad y son muy potentes. Estos códigos se basan en el uso de un polinomio generador  $G(X)$  de grado  $r$ , y en el principio de

que  $n$  bits de datos binarios se pueden considerar como los coeficientes de un polinomio de orden  $n-1$ .

## **CSMA/CA**

En redes informáticas, *Carrier Sense, Multiple Access, Collision Avoidance* (*acceso múltiple por detección de portadora con evitación de colisiones*) es un protocolo de control de redes de bajo nivel que permite que múltiples estaciones utilicen un mismo medio de transmisión. Cada equipo analiza su intención de transmitir antes de hacerlo para evitar colisiones entre los paquetes de datos (comúnmente en redes inalámbricas, ya que estas no cuentan con un modo práctico para transmitir y recibir simultáneamente). De esta forma, el resto de equipos de la red sabrán cuando hay colisiones y en lugar de transmitir la trama en cuanto el medio está libre, se espera un tiempo aleatorio adicional corto y solamente si, tras ese corto intervalo el medio sigue libre, se procede a la transmisión reduciendo la probabilidad de colisiones en el canal. CSMA/CA es utilizada en canales en los que por su naturaleza no se puede usar CSMA/CD. CSMA/CA se utiliza en 802.11 basada en redes inalámbricas.

## **DES**

Data Encryption Standard (DES) es un algoritmo de cifrado, es decir, un método para cifrar información, escogido como FIPS en los Estados Unidos en 1976, y cuyo uso se ha propagado ampliamente por todo el mundo. El algoritmo fue controvertido al principio, con algunos elementos de diseño clasificados, una longitud de clave relativamente corta, y las continuas sospechas sobre la existencia de alguna puerta trasera para la National Security Agency (NSA). Posteriormente DES fue sometido a un intenso análisis académico y motivó el concepto moderno del cifrado por bloques y su criptoanálisis.

## **DFT**

En matemáticas, la transformada de Fourier discreta, designada con frecuencia por la abreviatura DFT (del inglés discrete Fourier transform), y a la que en ocasiones se denomina transformada de Fourier finita, es una transformada de Fourier ampliamente empleada en tratamiento de señales y en campos afines para analizar las frecuencias presentes en una señal muestreada, resolver ecuaciones diferenciales parciales y realizar otras operaciones, como convoluciones.

## **DSSS**

El espectro ensanchado por secuencia directa (*direct sequence spread spectrum* o *DSSS*), también conocido en comunicaciones móviles como DS-CDMA (acceso múltiple por división de código en secuencia directa), es uno de los métodos de modulación en espectro ensanchado para transmisión de señales digitales sobre ondas radiofónicas que más se utilizan. El espectro ensanchado por secuencia directa es una técnica de modulación que utiliza un código de pseudoruido para modular directamente una portadora, de tal forma que aumente el ancho de banda de la transmisión y reduzca la densidad de potencia espectral (es decir, el nivel de potencia en cualquier frecuencia dada). La señal resultante tiene un espectro muy parecido al del ruido, de tal forma que a todos los radiorreceptores les parecerá ruido menos al que va dirigida la señal.

## **ESSID**

El ESSID (E de extendido). Nos podemos referir a cada uno de estos tipos como SSID en términos generales. A menudo al SSID se le conoce como nombre de la red.

## **ETSI**

European Telecommunications Standards Institute (ETSI) o Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones es una organización de estandarización de la

industria de las telecomunicaciones (fabricantes de equipos y operadores de redes) de Europa, con proyección mundial. ETSI ha tenido gran éxito al estandarizar el sistema de telefonía móvil GSM .

## **FBWA**

Los sistemas FBWA típicamente incluyen estaciones base, estaciones del suscriptor (SSs: *Subscriber Station*), terminales (TE), equipos del núcleo de la red, enlaces entre celdas, estaciones repetidoras (RSs; *Repeater Stations*), y posiblemente otros equipos. Un sistema FBWA debe contener al menos una BS y un cierto número de SSs.

## **FCC**

La Comisión Federal de las Comunicaciones (*Federal Communications Commission, FCC*) es una agencia estatal independiente de Estados Unidos, bajo responsabilidad directa del Congreso. La FCC fue creada en 1934 con la Ley de Comunicaciones y es la encargada de la regulación de telecomunicaciones interestatales e internacionales por radio, televisión, redes inalámbricas, satélite y cable. La jurisdicción de la FCC cubre los 50 estados, el distrito de Columbia y las posesiones de Estados Unidos.

## **FDDI**

FDDI (Fiber Distributed Data Interface) es un conjunto de estándares ISO y ANSI para la transmisión de datos en redes de computadoras de área local (LAN) mediante cable de fibra óptica. Se basa en la arquitectura token ring y permite una comunicación tipo Full Duplex. Dado que puede abastecer a miles de usuarios, una LAN FDDI suele ser empleada como backbone para una red de área amplia (WAN).

## **FDM**

La multiplexación por división de frecuencia (MDF) o (FDM), del inglés *Frequency Division Multiplexing*, es un tipo de multiplexación utilizada generalmente

en sistemas de transmisión analógicos. La forma de funcionamiento es la siguiente: se convierte cada fuente de varias que originalmente ocupaban el mismo espectro de frecuencias, a una banda distinta de frecuencias, y se transmite en forma simultánea por un solo medio de transmisión. Así se pueden transmitir muchos canales de banda relativamente angosta por un solo sistema de transmisión de banda ancha.

## **FDMA**

FDMA es un acrónimo inglés que significa Frequency Division Multiple Access, que traducido al español es Tecnología de acceso múltiple por división de frecuencias, que corresponde a una tecnología de comunicaciones usado en los teléfonos móviles de redes GSM. Una de sus particularidades es que la separación del espectro se realiza en distintos canales de voz, separando el ancho de banda según la frecuencia, en divisiones uniformes. A pesar que puede portar información digital, no es recomendado su uso, siendo usado para transmisiones analógicas.

## **FEC (*Forward Error Correction*)**

Es un tipo de mecanismo de corrección de errores que permite su corrección en el receptor sin retransmisión de la información original. Se utiliza en sistemas sin retorno o sistemas en tiempo real donde no se puede esperar a la retransmisión para mostrar los datos. Este mecanismo de corrección de errores se utiliza por ejemplo, en las comunicaciones vía satélite, en las grabadoras de DVD y CD o en las emisiones de TDT para terminales móviles (estándar DVB-H), concretamente en este último caso se trata de un tipo especial de FEC, el denominado MPE-FEC.

## **FFT**

FFT es la abreviatura usual (del inglés Fast Fourier Transform) de un eficiente algoritmo que permite calcular la transformada de Fourier discreta (DFT) y su inversa. La FFT es de gran importancia en una amplia variedad de aplicaciones, desde el tratamiento digital de señales y filtrado digital en general a la resolución de

ecuaciones diferenciales parciales o los algoritmos de multiplicación rápida de grandes enteros.

## **FHSS**

El espectro ensanchado por salto de frecuencia (del inglés *Frequency Hopping Spread Spectrum* o FHSS) es una técnica de modulación en espectro ensanchado en el que la señal se emite sobre una serie de radiofrecuencias aparentemente aleatorias, saltando de frecuencia en frecuencia sincronamente con el transmisor. Los receptores no autorizados escucharán una señal ininteligible. Si se intentara interceptar la señal, sólo se conseguiría para unos pocos bits.

## **FXO**

FXO (*Foreign Exchange Office*, en inglés) es un dispositivo de computador que permite conectar éste a la RTB, y mediante un software especial, realizar y recibir llamadas de teléfono. Sirve sobre todo para implementar centrales telefónicas (PBX) con un computador. Los dispositivos para conectar un teléfono a un PC son las llamadas FXS. Existen dispositivos que se denominan FXO y son usados en los gateway de VoIP, así como en tarjetas de computadores con funciones de centrales telefónicas.

## **FXS**

Las tarjetas FXS (*Foreign Exchange Station*) sirven para conectar teléfonos analógicos normales a un computador, y mediante un software especial, realizar y recibir llamadas hacia el exterior, o hacia otros interfaces FXS.

## **GSM**

*Global System for Mobile communications* (Sistema Global para las Comunicaciones Móviles), anteriormente conocida como "*Group Special Mobile*" (GSM, Grupo Especial Móvil) es un estándar mundial para teléfonos móviles digitales. El estándar fue creado por la CEPT y posteriormente desarrollado por ETSI

como un estándar para los teléfonos móviles europeos, con la intención de desarrollar una normativa que fuera adoptada mundialmente. El estándar es abierto, no propietario y evolutivo (aún en desarrollo). Es el estándar predominante en Europa, así como el mayoritario en el resto del mundo (alrededor del 70% de los usuarios de teléfonos móviles del mundo en 2001 usaban GSM).

## IDFT

La transformada de Fourier discreta inversa (por sus siglas en inglés IDFT) se calcula, por otra parte, mediante:

$$x_k = \frac{1}{n} \sum_{j=0}^{n-1} f_j e^{\frac{2\pi i}{n} jk} \quad k = 0, \dots, n-1$$

Nótese que el factor de normalización que multiplica a la transformada y a su inversa (en las fórmulas dadas, 1 y 1/n) y los signos de los exponentes son convencionales, y pueden diferir en otras presentaciones de la transformada de Fourier discreta. Lo importante es que la DFT y la IDFT tengan exponentes de signos contrarios y que el producto de sus factores de normalización sea 1/n. Un factor de normalización de  $1/\sqrt{n}$  tanto para la transformada directa como para la inversa hace las transformaciones unitarias, lo que presenta ciertas ventajas teóricas, pero en la práctica suele ser más conveniente realizar la operación de escalado una única vez.

## IEEE

IEEE corresponde a las siglas de *The Institute of Electrical and Electronics Engineers*, el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, una asociación técnico-profesional mundial dedicada a la estandarización, entre otras cosas. Es la mayor asociación internacional sin fines de lucro formada por profesionales de las nuevas tecnologías, como ingenieros eléctricos, ingenieros en electrónica, ingenieros en sistemas e ingenieros en telecomunicación.

## **IEEE 802.11**

El protocolo IEEE 802.11 o WI-FI es un estándar de protocolo de comunicaciones del IEEE que define el uso de los dos niveles más bajos de la arquitectura OSI (capas física y de enlace de datos), especificando sus normas de funcionamiento en una WLAN. En general, los protocolos de la rama 802.x definen la tecnología de redes de área local.

## **IPV4**

IPv4 es la versión 4 del Protocolo IP (Internet Protocol). Esta fue la primera versión del protocolo que se implementó extensamente, y forma la base de Internet. IPv4 usa direcciones de 32 bits, limitándola a  $2^{32} = 4.294.967.296$  direcciones únicas, muchas de las cuales están dedicadas a redes locales (LANs). Por el crecimiento enorme que ha tenido del Internet (mucho más de lo que esperaba, cuando se diseñó IPv4), combinado con el hecho de que hay desperdicio de direcciones en muchos casos, ya hace varios años se vio que escaseaban las direcciones IPv4.

## **IPV6**

IPv6 es la versión 6 del Protocolo de Internet (Internet Protocol), un estándar del nivel de red encargado de dirigir y encaminar los paquetes a través de una red. Diseñado por Steve Deering de Xerox PARC y Craig Mudge, IPv6 está destinado a sustituir al estándar IPv4, cuyo límite en el número de direcciones de red admisibles está empezando a restringir el crecimiento de Internet y su uso, especialmente en China, India, y otros países asiáticos densamente poblados. Pero el nuevo estándar mejorará el servicio globalmente; por ejemplo, proporcionando a futuras celdas telefónicas y dispositivos móviles con sus direcciones propias y permanentes. Al día de hoy se calcula que las dos terceras partes de las direcciones que ofrece IPv4 ya están asignadas.



## **LAN**

LAN es la abreviatura de Local Area Network (Red de Área Local o simplemente Red Local). Una red local es la interconexión de varios equipos de computación y periféricos. Su extensión esta limitada físicamente a un edificio o a un entorno de unos pocos kilómetros. Su aplicación más extendida es la interconexión de computadores personales y estaciones de trabajo en oficinas, fábricas, etc; para compartir recursos e intercambiar datos y aplicaciones. En definitiva, permite que dos o más máquinas se comuniquen.

## **LOS**

Es un enlace visual entre ambos extremos. Se dice o aplica el término para un enlace de radio que debe tener visibilidad directa entre antenas, por lo que no debe haber obstáculo entre ambas. En una comunicación digital como Wifi, los enlaces deben transportar una gran cantidad de datos (kbps), por lo que necesitan un ancho de banda elevado, lo que supone una mayor frecuencia de la portadora de radio (2,4 GHz o 5,8GHz). Por esto, en estas tecnologías es muy importante considerar la existencia de LOS.

## **MAC**

En redes de computadoras la dirección MAC (Media Access Control address) es un identificador hexadecimal de 48 bits que se corresponde de forma única con una tarjeta o interfaz de red. Es individual, cada dispositivo tiene su propia dirección MAC determinada y configurada por el IEEE (los primeros 24 bits) y el fabricante (los últimos 24 bits). La mayoría de los protocolos que trabajan en la capa 2 del modelo OSI usan una de las tres numeraciones manejadas por el IEEE: MAC-48, EUI-48, y EUI-64 las cuales han sido diseñadas para ser identificadores globalmente únicos. No todos los protocolos de comunicación usan direcciones MAC, y no todos los protocolos requieren identificadores globalmente únicos.

## MIMO

Múltiples entradas, múltiples salidas de multiplexación por división de frecuencia ortogonal es una tecnología desarrollado por Iospan Gíreles, que usa múltiples antenas para transmitir y recibir las señales de radio. MIMO-OFDM permitirá proveer servicios de acceso inalámbrico de banda-ancha que tienen funcionalidad sin línea de vista. Especialmente MIMO-OFDM toma ventajas de las propiedades de entorno multicamino usando antenas de estación base que no tienen línea de vista de acuerdo a Iospan. En este entorno, las señales de radio rebotan en los edificios, árboles y otros objetos en el viaje entre las dos antenas. Este efecto rebote produce múltiples ecos o imágenes de la señal. Como resultado la señal original y cada eco llegan a la antena receptora con una pequeña diferencia de tiempo causando los ecos, degradando la calidad de señal. El sistema MIMO usa múltiples antenas para simultáneamente transmitir datos, en pequeños pedazos hacia el receptor, el cual puede procesar el flujo de datos y poderlos reconstruir. Este proceso llamado multiplexación espacial, proporcionalmente incrementa la velocidad de transmisión por un factor igual al número de antenas de transmisión. VOFDM (Vector OFDM) usa el concepto de tecnología MIMO que está siendo desarrollado por CISCO.

## OFDM

La Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales, en inglés *Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)*, también llamada modulación por multitono discreto, en inglés *Discreet Multitone Modulation (DMT)*, es una modulación que consiste en enviar la información modulando en QAM o en PSK un conjunto de portadoras de diferentes frecuencias. Normalmente se realiza la modulación OFDM tras pasar la señal por un codificador de canal con el objetivo de corregir los errores producidos en la transmisión, entonces esta modulación se denomina COFDM, del inglés *Coded OFDM*. Debido al problema técnico que supone la generación y la detección en tiempo continuo de los cientos, o incluso miles, de portadoras equiespaciadas que forman una

modulación OFDM, los procesos de modulación y demodulación se realizan en tiempo discreto mediante la IDFT y la DFT respectivamente.

## **OFDMA**

Acceso Múltiple por División Ortogonal de Frecuencia (OFDMA), es utilizado por el estándar del 802.16e, es similar a OFDM en que divide en las subportadoras múltiples. OFDMA, sin embargo, va un paso más allá agrupando subportadoras múltiples en subcanales. Una sola estación cliente del suscriptor podría usar todos los subcanales dentro del periodo de la transmisión, o los múltiples clientes podrían transmitir simultáneamente usando cada uno una porción del número total de subcanales.

## **PDA**

Del inglés *Personal Digital Assistant*, (Ayudante personal digital) es un computador de mano originalmente diseñado como agenda electrónica (calendario, lista de contactos, bloc de notas y recordatorios) con un sistema de reconocimiento de escritura. Hoy día se puede usar como una computadora doméstica (ver películas, crear documentos, juegos, correo electrónico, navegar por Internet, etc.).

## **PMP**

Punto a multipunto es una comunicación en la cual existe solo un transmisor y dos o más receptores. Una conferencia puede ser considerada una comunicación punto a multipunto ya que existe solo un orador (transmisor) y múltiples asistentes (receptores).

## **PSTN**

La Red Telefónica Conmutada (RTC; también llamada Red Telefónica Básica o RTB) es una red de comunicación diseñada primordialmente para la transmisión de voz, aunque pueda también transportar datos, por ejemplo en el caso del fax o de la conexión a Internet a través de un módem acústico.

Se trata de la red telefónica clásica, en la que los terminales telefónicos (teléfonos) se comunican con una central de conmutación a través de un solo canal compartido por la señal del micrófono y del auricular. En el caso de transmisión de datos hay una sola señal en el cable en un momento dado compuesta por la de subida más la de bajada, por lo que se hacen necesarios supresores de eco.

### **CIRCUITO VIRTUAL PERMANENTE (PVC)**

Circuito virtual permanente (PVC) a fin de proporcionar un circuito dedicado entre dos puntos. Un PVC es un circuito virtual establecido para uso repetido por parte de los mismos equipos de transmisión. En un PVC la asociación es idéntica a la fase de transferencia de datos de una llamada virtual. Los circuitos permanentes eliminan la necesidad de configuración y terminación repetitivas para cada llamada. Es decir se puede usar sin tener que pasar por la fase de establecimiento ni liberación de las conexiones. El circuito está reservado a una serie de usuarios y nadie más puede hacer uso de él. Una característica especial que en el SVC no se daba es que si dos usuarios solicitan una conexión, siempre obtienen la misma ruta.

### **PYME**

PYME es el acrónimo de pequeñas y medianas empresas. La Pequeña o Mediana Empresa es un concepto muy difundido en todo el mundo. Este concepto encierra acepciones muy divergentes en tanto cuáles son los factores que dan definición a una PYME son considerados de diferente manera en cada país, es casi un hecho que podemos afirmar que existe una definición de PYME para cada país, sumémosle a ellas las de los organismos internacionales, instituciones varias, congresos y convenciones, etc. No ha sido posible aún unificar criterios globales, esto es en parte lógico dado los diferentes escenarios en cada país, región, economías, significación y dimensiones de empresas a confrontar. Una definición general, aunque poco precisa de PYME es: Un tipo de empresa con un número reducido de trabajadores, y cuya facturación es moderada.

## **QAM**

La modulación de amplitud en cuadratura, en inglés *Quadrature Amplitude Modulation (QAM)*, es una modulación digital avanzada que transporta datos cambiando la amplitud de dos ondas portadoras. Estas dos ondas, generalmente sinusoidales, están desfasadas entre si  $90^\circ$  en la cual una onda es la portadora y la otra es la señal de datos. Se utiliza para la transmisión de datos a alta velocidad por canales con ancho de banda restringido.

## **QoS**

Las tecnologías de QoS (*Quality of Service*, Calidad de Servicio) garantiza que se transmitirá cierta cantidad de datos en un tiempo dado (*throughput*). Una de las grandes ventajas de ATM respecto de técnicas como el *Frame Relay* y *Fast Ethernet*, es que admite niveles de QoS. Esto permite que los proveedores de servicios ATM garanticen a sus clientes que el retardo de extremo a extremo no excederá un nivel específico de tiempo, o que garantizaran un ancho de banda específico para un servicio. Esto es posible de hacer marcando los paquetes que provengan de una IP determinada de los nodos conectados a un Gateway, según la puerta del router, etc. Además que en los servicios satelitales da una nueva perspectiva en la utilización del ancho de banda, dando prioridades a las aplicaciones de extremo a extremo con una serie de reglas.

## **QPSK**

La modulación por desplazamiento de fase o PSK (*Phase Shift Keying*) es una forma de modulación angular consistente en hacer variar la fase de la portadora entre un número de valores discretos. La diferencia con la modulación de fase convencional (PM) es que mientras en ésta la variación de fase es continua, en función de la señal moduladora, en la PSK la señal moduladora es una señal digital y, por tanto, con un número de estados limitado.

## **RADIO FRECUENCIA**

El término radiofrecuencia, también denominado espectro de radiofrecuencia o RF, se aplica a la porción del espectro electromagnético en el que se pueden generar ondas electromagnéticas aplicando corriente alterna a una antena.

## **REPETIDOR**

Un repetidor es un dispositivo electrónico que recibe una señal débil o de bajo nivel y la retransmite a una potencia o nivel más alto, de tal modo que se puedan cubrir distancias más largas sin degradación o con una degradación tolerable.

## **RS-232**

RS-232 (también conocido como Electronic Industries Alliance RS-232C) es una interfaz que designa una norma para el intercambio serie de datos binarios entre un DTE (Equipo terminal de datos) y un DCE (*Data Communication Equipment*. Equipo de terminación del circuito de datos), aunque existen otras situaciones en las que también se utiliza la interfaz RS-232. En particular, existen ocasiones en que interesa conectar otro tipo de equipamientos, como pueden ser computadores. Evidentemente, en el caso de interconexión entre los mismos, se requerirá la conexión de un DTE (*Data Terminal Equipment*) con otro DTE. El RS-232 consiste en un conector tipo DB-25 (de 25 pines), aunque es normal encontrar la versión de 9 pines (DB-9), más barato e incluso más extendido para cierto tipo de periféricos

## **SDLC**

El acrónimo SDLC (del inglés *Synchronous Data Link Controller*, controlador de enlace de datos síncrono) se utiliza para nombrar el protocolo diseñado por IBM para enlaces síncronos a través de una línea para la capa 2 del modelo OSI de comunicaciones. Como su nombre implica, es un protocolo síncrono, lo que supone la transmisión de la señal de reloj con los datos.

## **SPATIAL MULTIPLEXING**

Multiplexación espacial. Consiste en la multiplexación de una señal de mayor ancho de banda en señales de menor ancho de banda iguales transmitidas desde distintas antenas. Si estas señales llegan con la suficiente separación en el tiempo al receptor este es capaz de distinguir las creando así múltiples canales en anchos de banda mínimos. Esta es una muy buena técnica para aumentar la tasa de transmisión sobre todo en entornos hostiles a nivel de relación señal ruido. Únicamente esta limitado por el numero de antenas disponibles tanto en receptor como en transmisor. No requiere el conocimiento previo del canal en el transmisor o receptor. Para este tipo de transmisiones es obligatoria una configuración de antenas MIMO.

## **SNMP**

El Protocolo Simple de administración de red o SNMP es un protocolo de la capa de aplicación que facilita el intercambio de información de administración entre dispositivos de red. Es parte de la suite de protocolos TCP/IP. SNMP permite a los administradores supervisar el desempeño de la red, buscar y resolver sus problemas, y planear su crecimiento.

## **SNR**

La relación señal/ruido (en inglés *Signal to noise ratio* SNR o S/N) se define como el margen que hay entre el nivel de referencia (información significativa) y el ruido de fondo de un determinado sistema. Este margen es medido en decibelios.

## **SOHO**

Small Office, Home Office (Pequeña oficina, oficina en casa) o SoHo se asocia con la categoría de negocios que van de 1 a 10 trabajadores. Empresas mayores, que no cuentan con este modelo de división del trabajo, a menudo son llamadas pequeñas y medianas empresas.

## **SU-A**

Son unidades de abonados que cuentan con una unidad interna y una unidad de radio externa con una antena de panel integrado.

## **SU-D**

Son unidades de abonados que incluyen una unidad interna con dos conectores RF para antenas externas con diversidad.

## **TDM**

La Multiplexación por división de tiempo (MDT) o (TDM), del inglés *Time Division Multiplexing*, es la más utilizada en la actualidad, especialmente en los sistemas de transmisión digitales. En ella, el ancho de banda total del medio de transmisión es asignado a cada canal durante una fracción del tiempo total (intervalo de tiempo).

## **TDMA**

TDMA son las siglas de Time Division Multiple Access. Tecnología que distribuye las unidades de información en ranuras ("slots") alternas de tiempo, proveyendo acceso múltiple a un reducido número de frecuencias. TDMA es una tecnología inalámbrica de segunda generación que brinda servicios de alta calidad de voz y datos. TDMA divide un único canal de frecuencia de radio en varias ranuras de tiempo (seis en D-AMPS y PCS, ocho en GSM). A cada persona que hace una llamada se le asigna una ranura de tiempo específica para la transmisión, lo que hace posible que varios usuarios utilicen un mismo canal simultáneamente sin interferir entre sí.

## **UIT**

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) es el organismo especializado de las Naciones Unidas encargado de regular las telecomunicaciones, a nivel internacional, entre las distintas administraciones y empresas operadoras. El 3



de septiembre de 1932 se inició en Madrid (España) la reunión conjunta de la XIII Conferencia de la Unión Telegráfica Internacional (UTI) y la III de la Unión Radiotelegráfica Internacional (URI) fue el 9 de diciembre del mismo año, en virtud de los acuerdos alcanzados en dicha reunión, se firmó el Convenio por el que se creaba la *Unión Internacional de Telecomunicaciones* que en el futuro sustituiría a los dos organismos anteriores (UTI y URI). El nuevo nombre comenzó a utilizarse a partir de enero de 1934.

## **VLAN**

Una VLAN (acrónimo de *Virtual LAN*, ‘red de área local virtual’) es una red de computadoras lógicamente independiente. Varias VLANs pueden coexistir en un único switch físico. Una 'VLAN' consiste en una red de computadores que se comportan como si estuviesen conectados al mismo cable, aunque pueden estar en realidad conectados físicamente a diferentes segmentos de una red de área local. Los administradores de red configuran las VLANs mediante software en lugar de hardware, lo que las hace extremadamente flexibles. Una de las mayores ventajas de las VLANs surge cuando se traslada físicamente una computadora a otra ubicación: puede permanecer en la misma VLAN sin necesidad de ninguna reconfiguración hardware.

## **VoIP**

Voz sobre Protocolo de Internet, también llamado Voz sobre IP, VoIP (por sus siglas en inglés), o Telefonía IP, es un grupo de recursos que hacen posible que la señal de voz viaje a través de Internet empleando un protocolo IP (Internet Protocol). Esto significa que se envía la señal de voz en forma digital en paquetes en lugar de enviarla en forma de circuitos como una compañía telefónica convencional o PSTN. Los Protocolos que son usados para llevar las señales de voz sobre la red IP son comúnmente referidos como protocolos de Voz sobre IP o protocolos IP. Pueden ser

vistos como implementaciones comerciales de la Red experimental de Protocolo de Voz (1973), inventada por ARPANET.

## **VPN**

La VPN es una tecnología de red que permite una extensión de la red local sobre una red pública o no controlada, como por ejemplo Internet. El ejemplo más común es la posibilidad de conectar dos o más sucursales de una empresa utilizando como vínculo Internet, permitir a los miembros del equipo de soporte técnico la conexión desde su casa al centro de cómputo, o que un usuario pueda acceder a su equipo doméstico desde un sitio remoto, como por ejemplo un hotel. Todo esto utilizando la infraestructura de Internet.

## **VSAT**

VSAT son las siglas de Terminal de Apertura Muy Pequeña (del inglés, *Very Small Aperture Terminal*). Son redes privadas de comunicación de datos vía satélite para intercambio de información punto-punto o, punto-multipunto (broadcasting) o interactiva. Se trata de un terminal de telecomunicaciones, que interactúa con satélites de órbita geoestacionaria para comunicarse con sus afines. Son bastante económicos, por lo que se consideran la solución a los problemas de comunicación en zonas aisladas, donde no suele llegar el cableado de las ciudades. La principal desventaja de estos terminales, es su insuficiente potencia para comunicarse con otros VSAT, por ello la ya citada interacción con satélites, para retransmitir el tráfico entre éstos.

## **WAN**

Una red de área amplia, WAN, acrónimo de la expresión en idioma inglés *Wide Area Network*, es un tipo de red de computadoras capaz de cubrir distancias desde unos 100 hasta unos 1000 km, dando el servicio a un país o un continente. Un ejemplo de este tipo de redes sería RedIRIS, Internet o cualquier red en la cual no estén en un mismo edificio todos sus miembros (sobre la distancia hay discusión

posible). Muchas WAN son construidas por y para una organización o empresa particular y son de uso privado, otras son construidas por los proveedores de internet (ISP) para proveer de conexión a sus clientes. Hoy en día internet proporciona WAN de alta velocidad, y la necesidad de redes privadas WAN se ha reducido drásticamente mientras que las VPN que utilizan cifrado y otras técnicas para hacer esa red dedicada.

## **WEB**

World Wide Web (o la "Web") es un sistema de documentos de hipertexto enlazados y accesibles a través de Internet. Con un navegador Web, un usuario visualiza páginas Web que pueden contener texto, imágenes u otros contenidos multimedia, y navega a través de ellas usando hiperenlaces. La Web fue creada sobre 1990 por el inglés Tim Berners-Lee y el belga Robert Cailliau mientras trabajaban en el CERN en Ginebra, Suiza.

## **WEP**

WEP, acrónimo de *Wired Equivalent Privacy*, 1999 - es el sistema de cifrado incluido en el estándar IEEE 802.11 como protocolo para redes Wireless que permite cifrar la información que se transmite. Proporciona cifrado a nivel 2. Está basado en el algoritmo de cifrado RC4, y utiliza claves de 64 bits (40 bits más 24 bits del vector de iniciación *IV*) o de 128 bits (104 bits más 24 bits del *IV*).

## **WI-FI**

Wi-Fi (o Wi-fi, WiFi, Wifi, wifi, del inglés Wireless Fidelity) es un conjunto de estándares para redes inalámbricas basados en las especificaciones 802.11. Creado para ser utilizado en redes locales inalámbricas, es frecuente que en la actualidad también se utilice para acceder a Internet. Wi-Fi es una marca de la *Wi-Fi Alliance* (anteriormente la *Wireless Ethernet Compatibility Alliance*), la organización comercial que prueba y certifica que los equipos cumplen los estándares 802.11.

## **WIMAN**

Son redes metropolitanas inalámbricas, el cual pretende sentar las bases para los servicios de sistemas BWA de área metropolitana que permitan prestar los servicios de voz, data y video para usuarios residenciales y empresariales.

## **WIMAX**

WiMAX (del inglés *Worldwide Interoperability for Microwave Access*, "Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas") es un estándar de transmisión inalámbrica de datos (802.16 MAN) que proporciona accesos concurrentes en áreas de hasta 48 kilómetros de radio y a velocidades de hasta 70 Mbps, utilizando tecnología que no requiere visión directa con las estaciones base.

## **WLAN**

WLAN (*Wireless Local Area Network*) es un sistema de comunicación de datos inalámbrico flexible muy utilizado como alternativa a las redes LAN cableadas o como extensión de éstas. Utiliza tecnología de radiofrecuencia que permite mayor movilidad a los usuarios al minimizar las conexiones cableadas. Las WLAN van adquiriendo importancia en muchos campos, como almacenes o para manufactura, en los que se transmite la información en tiempo real a un terminal central. También son muy populares en los hogares para compartir el acceso a Internet entre varias computadoras.

## **WOOFDM**

El WirelessMan-OFDM fue desarrollado por bajo el formato de modulación OFDM para enlaces tipo NLOS en frecuencias menores a 11 GHz (2 a 11 GHz). Se basa en el principio de modulación OFDM, para lo que se requiere la aplicación de la FFT (IDFT para el transmisor o DFT para el receptor) durante el proceso de comunicación.

## **xDSL**

DSL sigla de Digital Subscriber Line (Línea de abonado digital) es un término utilizado para referirse de forma global a todas las tecnologías que proveen una conexión digital sobre línea de abonado de la red telefónica local: ADSL, ADSL2, ADSL2+ SDSL, IDSL, HDSL, SHDSL, VDSL y VDSL2. Tienen en común que utilizan el par trenzado de hilos de cobre convencionales de las líneas telefónicas para la transmisión de datos a gran velocidad. La diferencia entre ADSL y otras DSL es que la velocidad de bajada y la de subida no son simétricas, es decir que normalmente permiten una mayor velocidad de bajada que de subida.

## **ANEXOS**

# ANEXO A

## COORDENADAS DE LAS ESTACIONES DE BOMBEROS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE CARCAS.

Datum WGS 84

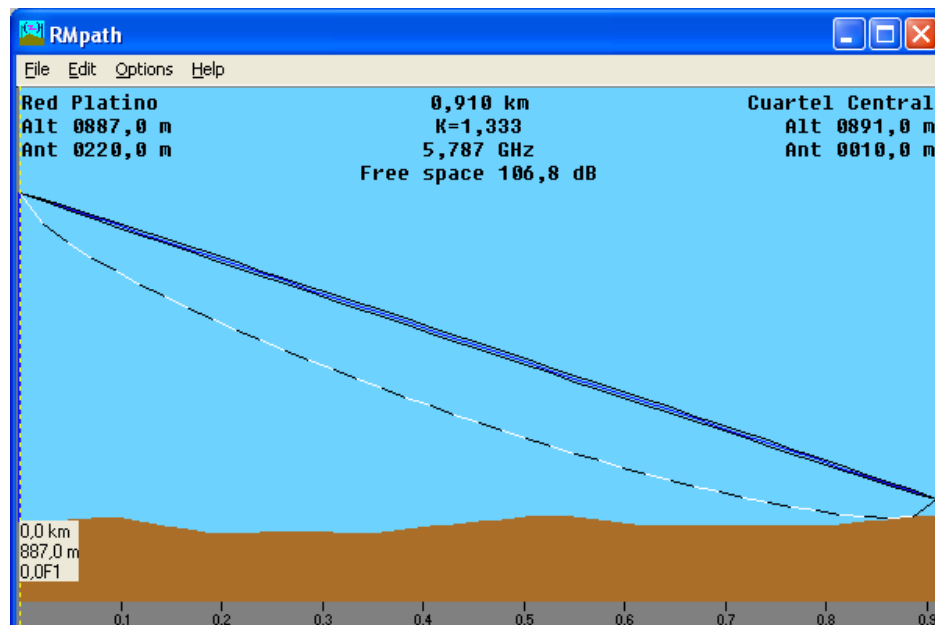
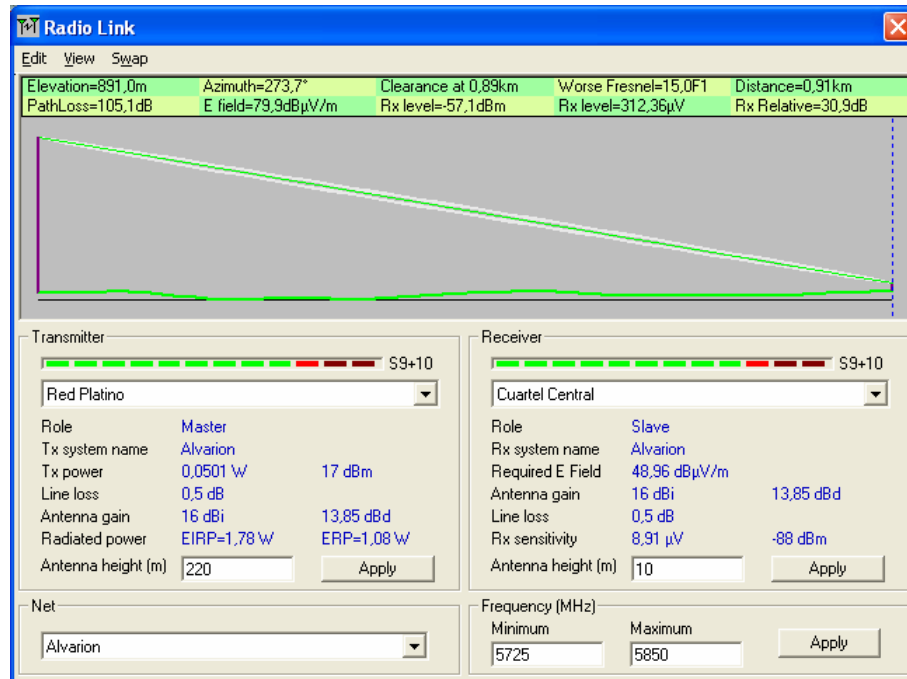
| Estaciones      | Coordenada UTM |          | Coordenadas Geográficas |              | Altura Aprox.<br>MSNM |
|-----------------|----------------|----------|-------------------------|--------------|-----------------------|
|                 | Latitud        | Longitud | Latitud                 | Longitud     |                       |
| Cuartel Central | 1.161.387      | 728.719  | 10°29'57,8"             | -66°54'36,8" | 885                   |
| La Moran        | 1.160.686      | 724.749  | 10°29'35,8"             | -66°56'47,5" | 925                   |
| Plaza Vzla.     | 1.160.737      | 731.725  | 10°29'36,0"             | -66°52'58,1" | 860                   |
| El Valle        | 1.157.197      | 728.599  | 10°27'41,5"             | -66°54'41,7" | 892,5                 |
| Caricuao        | 1.154.152      | 722.409  | 10°26'3,7"              | -66°58'5,8"  | 1017,5                |
| Macarao         | 1.153.286      | 716.684  | 10°25'36,7"             | -67°1'14,2"  | 1980                  |
| San Bernardino  | 1.162.511      | 730.041  | 10°30'34,1"             | -66°53'53,1" | 910                   |
| Catia           | 1.163.208      | 724.692  | 10°30'57,9"             | -66°56'48,8" | 950                   |
| San José        | 1.163.132      | 728.357  | 10°30'54,6"             | -66°54'48,3" | 957,5                 |
| El Paraíso      | 1.160.459      | 727.590  | 10°29'27,8"             | -66°55'14,1" | 883                   |
| Párate Bueno    | 1.157.787      | 721.401  | 10°28'2,2"              | -66°58'38,2" | 970                   |
| Valle Abajo     | 1.159.825      | 730.979  | 10°29'6,5"              | -66°53'22,9" | 862,5                 |
| Parque Central  | 1.161.259      | 729.776  | 10°29'53,4"             | -66°54'2,1"  | 872                   |
| El Cafetal      | 1.156.806      | 737.801  | 10°27'26,7"             | -66°49'39,3" | 900                   |
| Chacao          | 1.160.105      | 734.770  | 10°29'14,7"             | -66°51'18,2" | 852,5                 |
| La Trinidad     | 1.154.184      | 733.363  | 10°26'2,4"              | -66°52'5,7"  | 970                   |
| El Bosque       | 1.160.938      | 733.165  | 10°29'42,2"             | -66°52'10,8" | 875                   |
| La Urbina       | 1.160.459      | 740.092  | 10°29'25,0"             | -66°48'23,1" | 888                   |
| Mariche         | 1.159.127      | 743.981  | 10°28'40,8"             | -66°46'15,6" | 1025                  |
| El Hatillo      | 1.152.897      | 738.206  | 10°25'19,5"             | -66°54'26,8" | 1132                  |
| Gato Negro      | 1.163.131      | 726.019  | 10°30'55,1"             | -66°56'5,2"  | 950                   |
| Los Flores      | 1.162.988      | 72.807   | 10°30'50,5"             | -6°56'12,22" | 942,5                 |

# ANEXO B

Estaciones Bomberos con línea de vista hacia la torre oeste de parque central

En las siguientes graficas se observa 12 estaciones que tienen línea de vista con la Torre Oeste de Parque central, no obstante es recomendado visitar cada una de estas estaciones para verificar la instalación de la antena suscriptora y la altura real de la misma para poder dar una evaluación más efectiva.

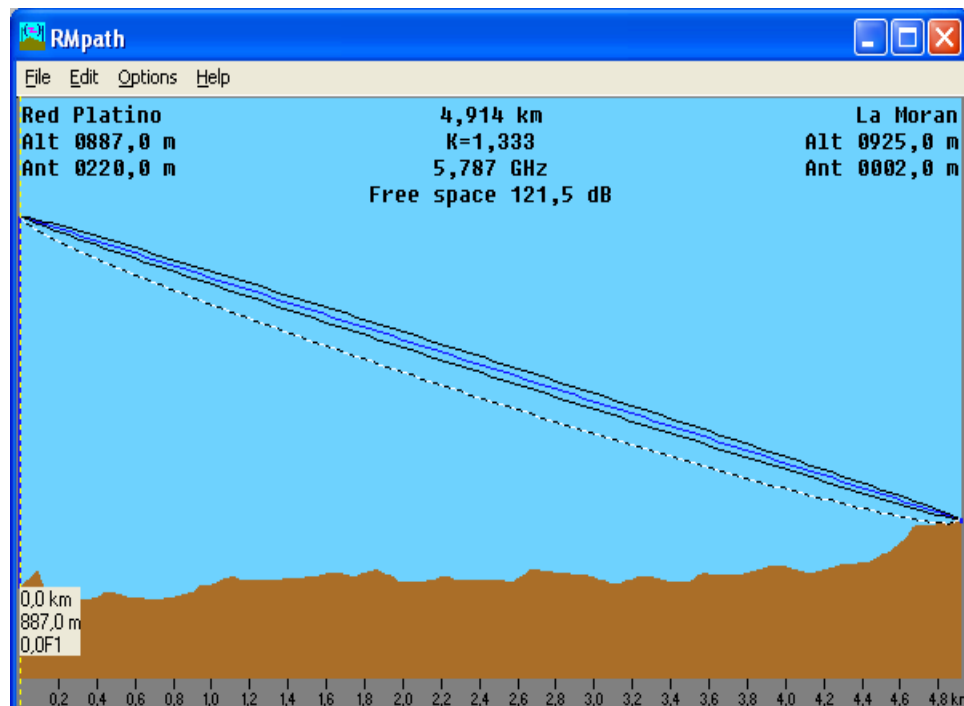
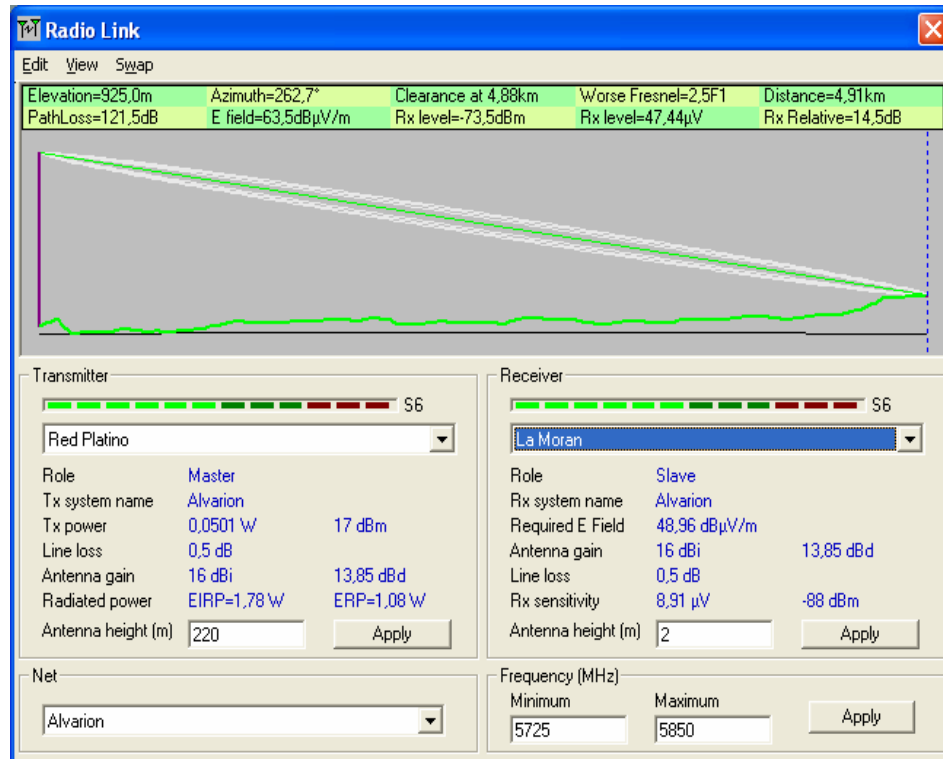
## Cuartel Central





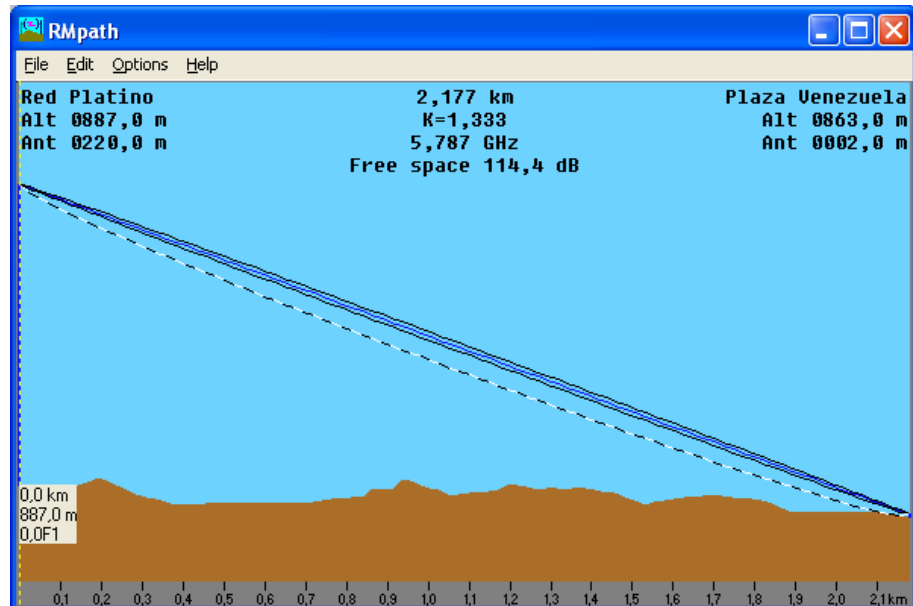
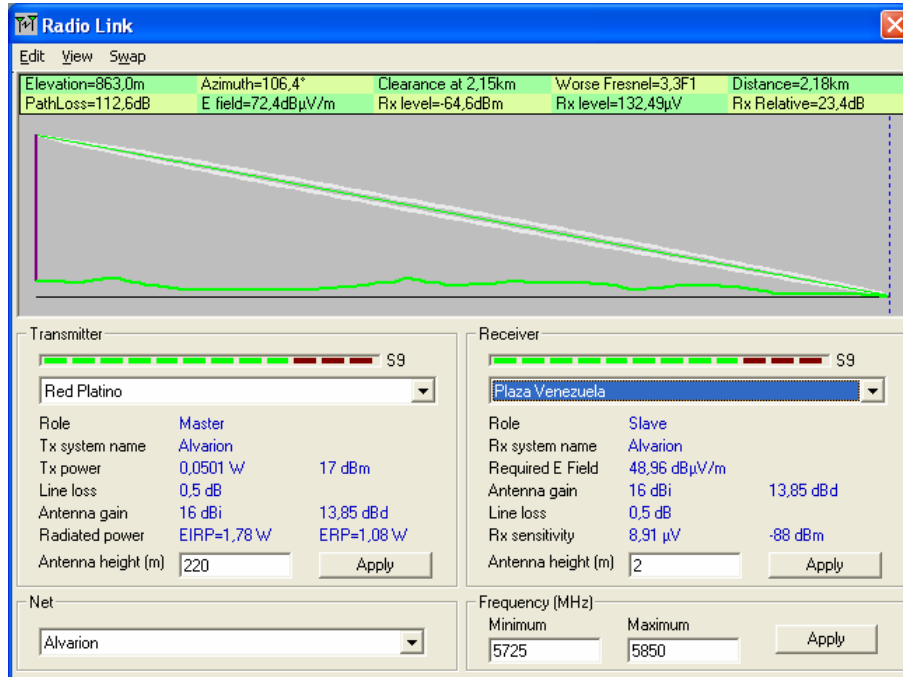
# ANEXO B

## Estación La Moran



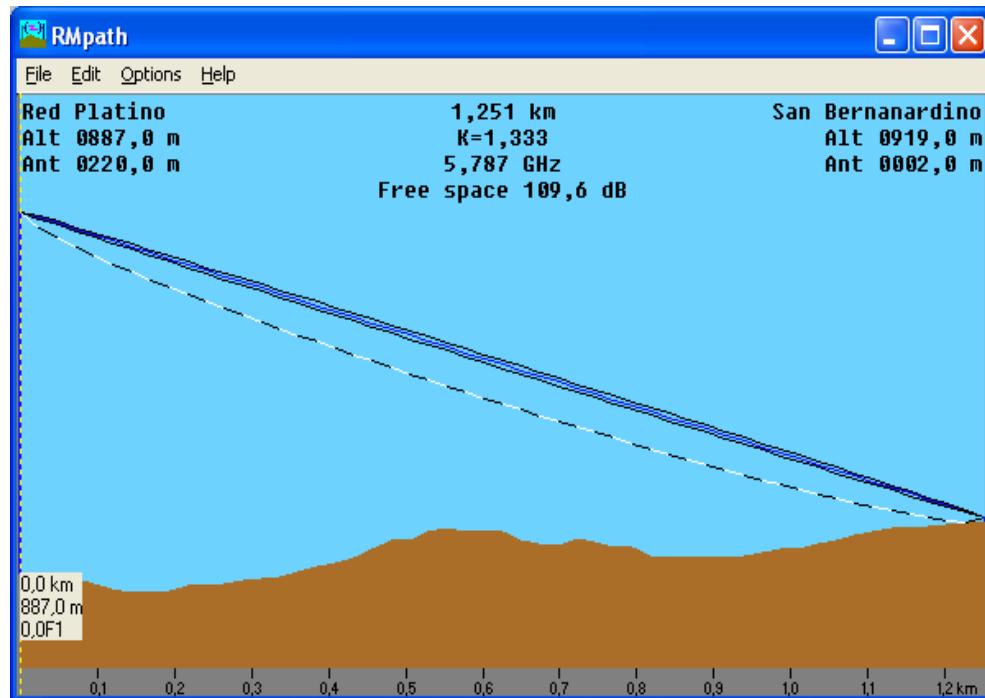
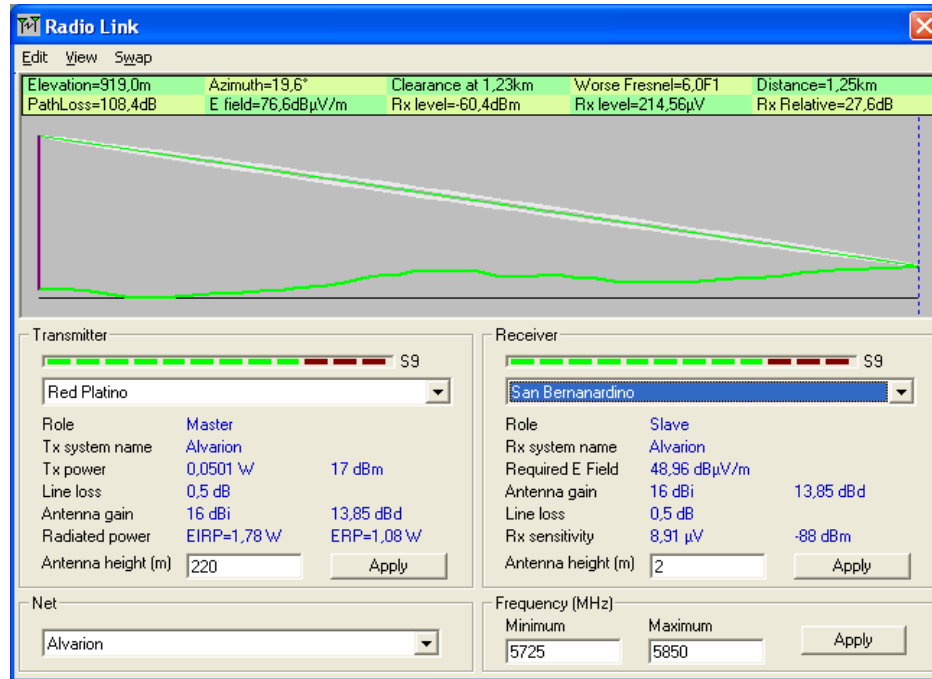
# ANEXO B

## Estación Plaza Venezuela



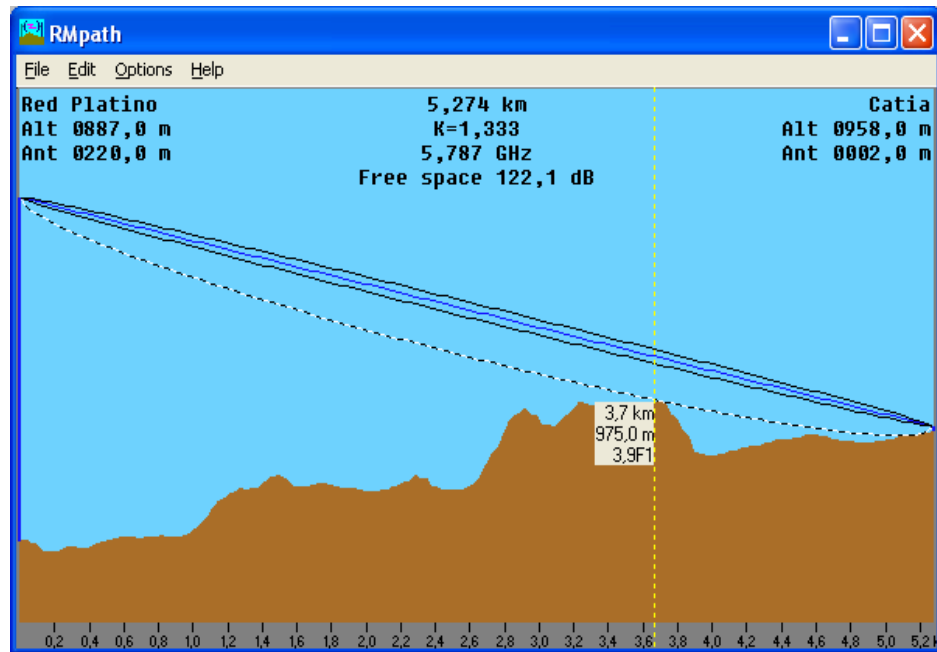
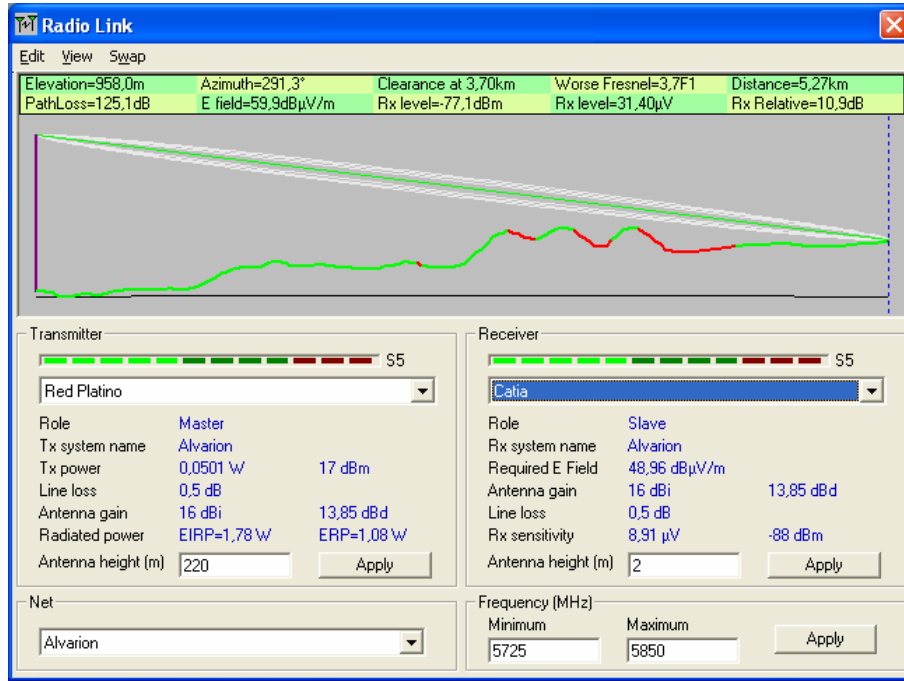
# ANEXO B

## Estación San Bernardino



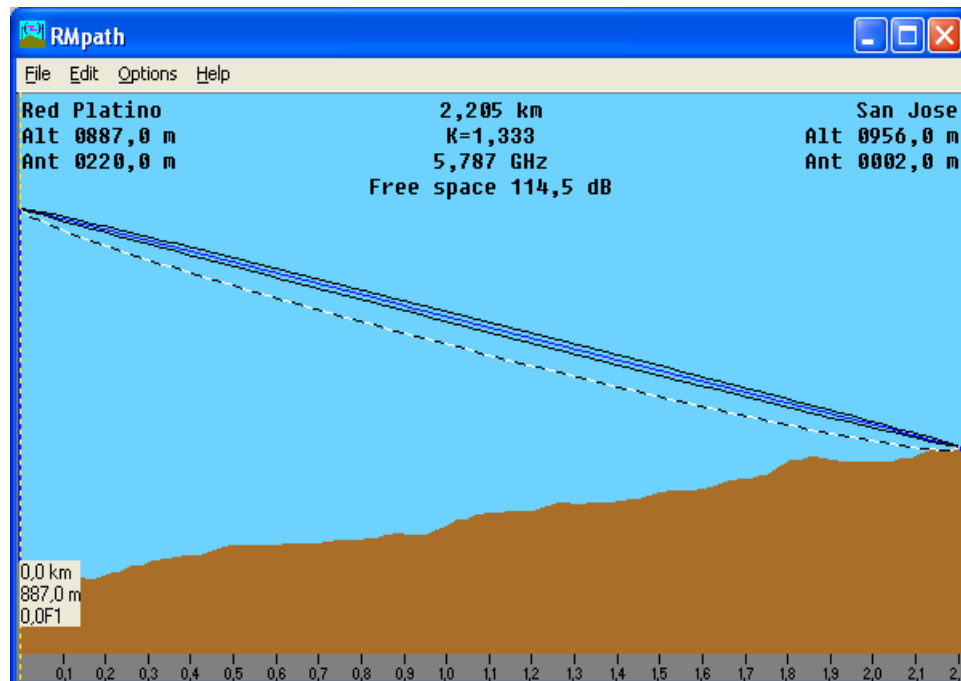
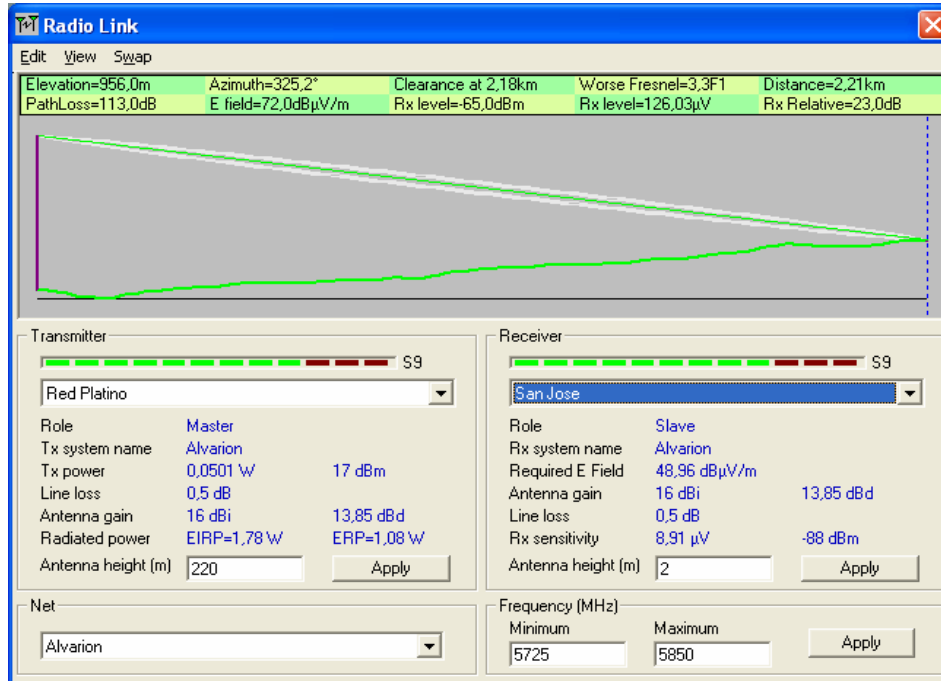
# ANEXO B

## Estación Catia



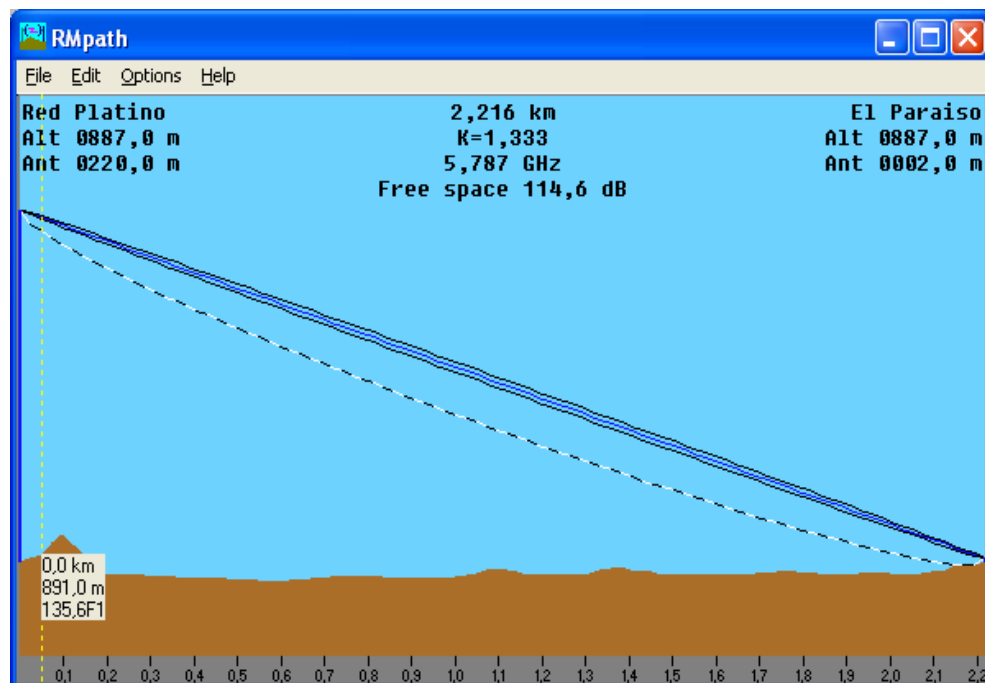
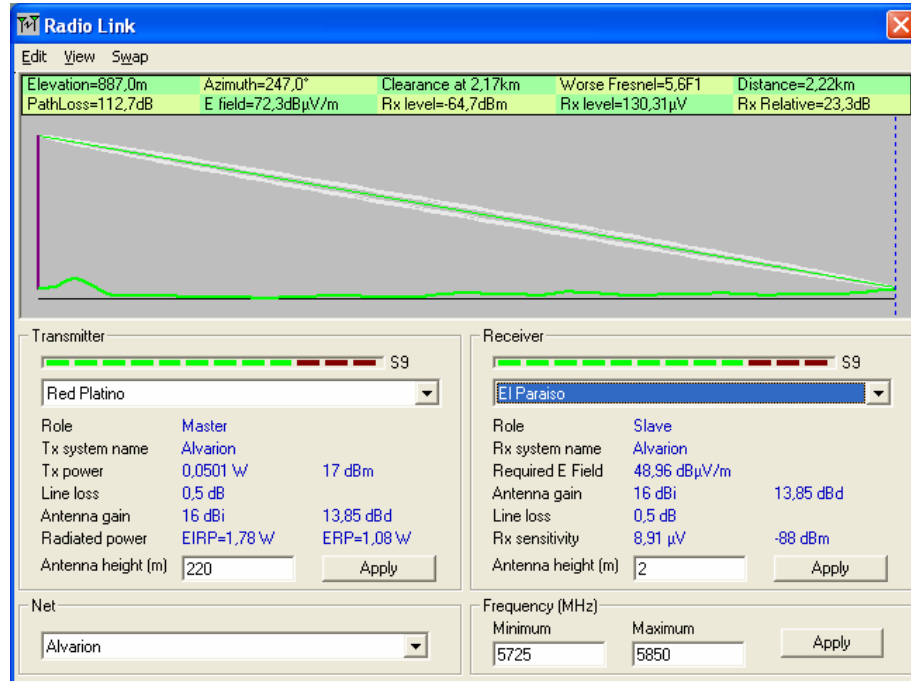
# ANEXO B

## Estación San José



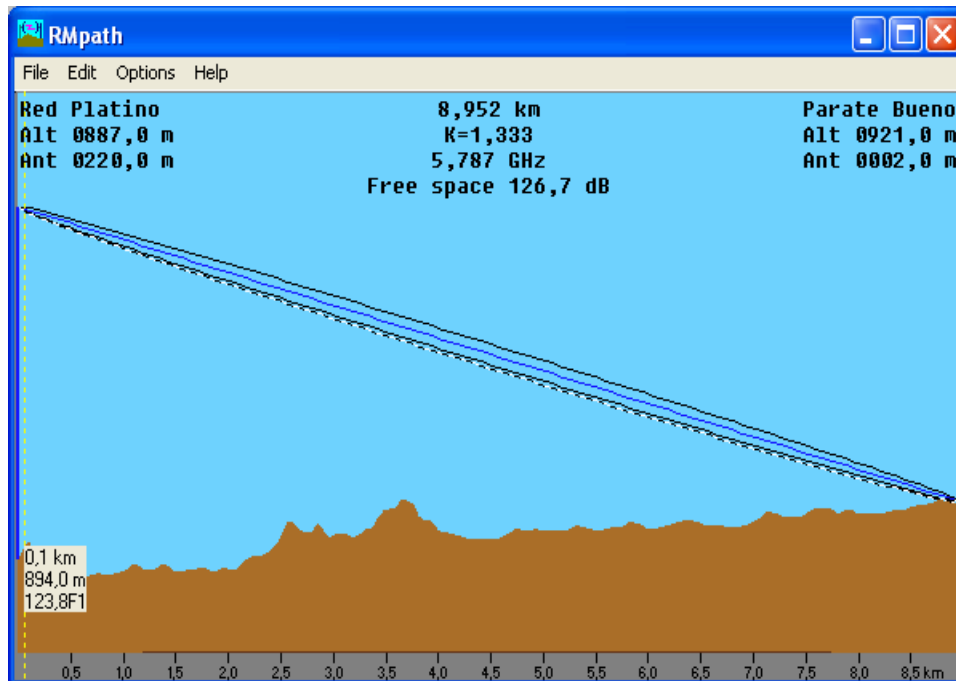
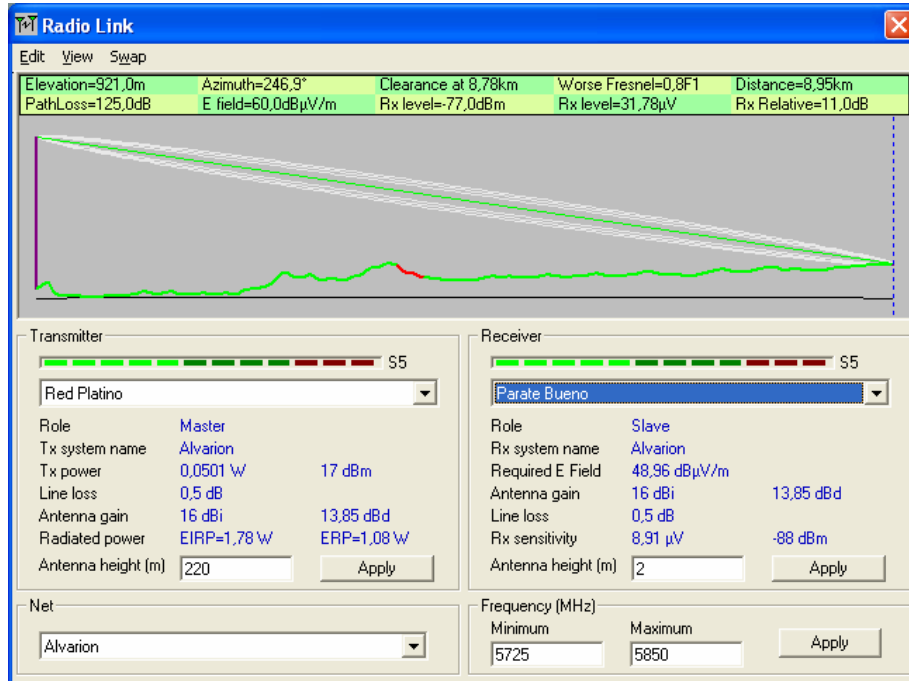
# ANEXO B

## Estación El Paraíso



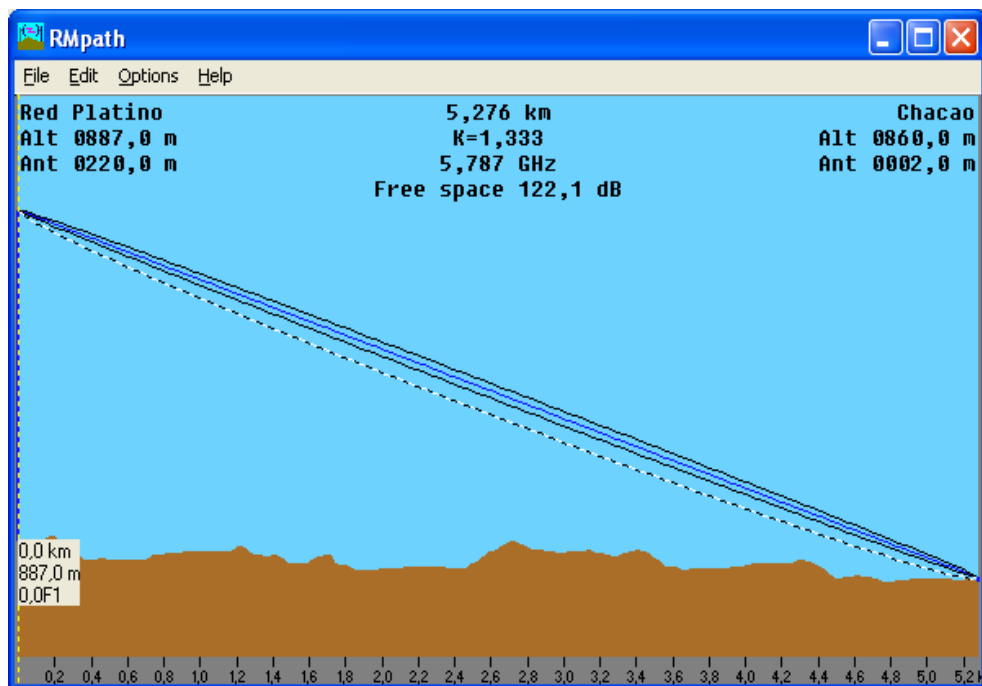
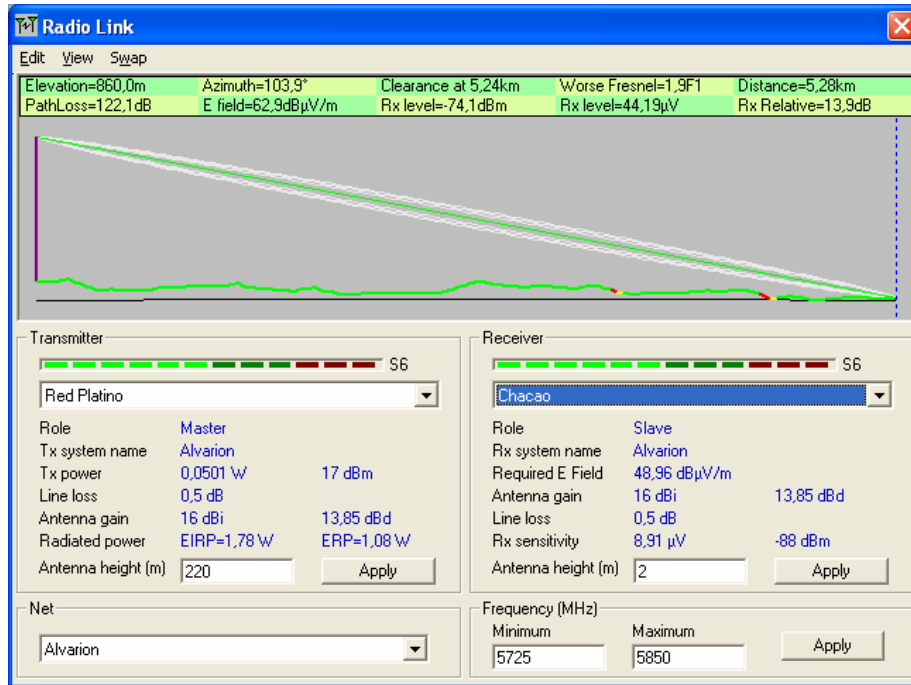
# ANEXO B

## Estación Párate Bueno



# ANEXO B

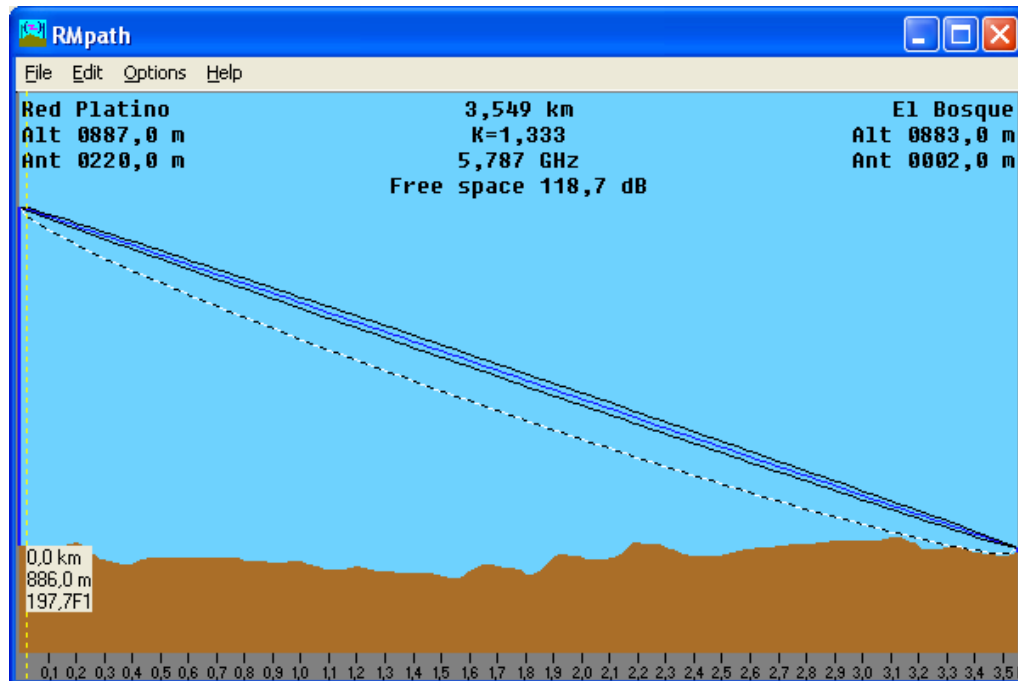
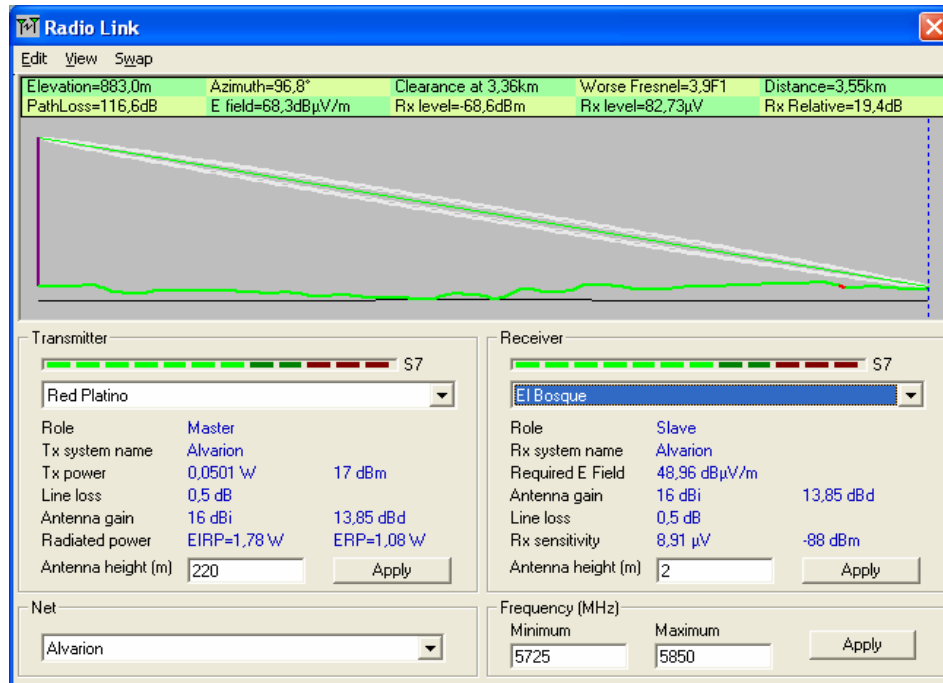
## Estación Chacao





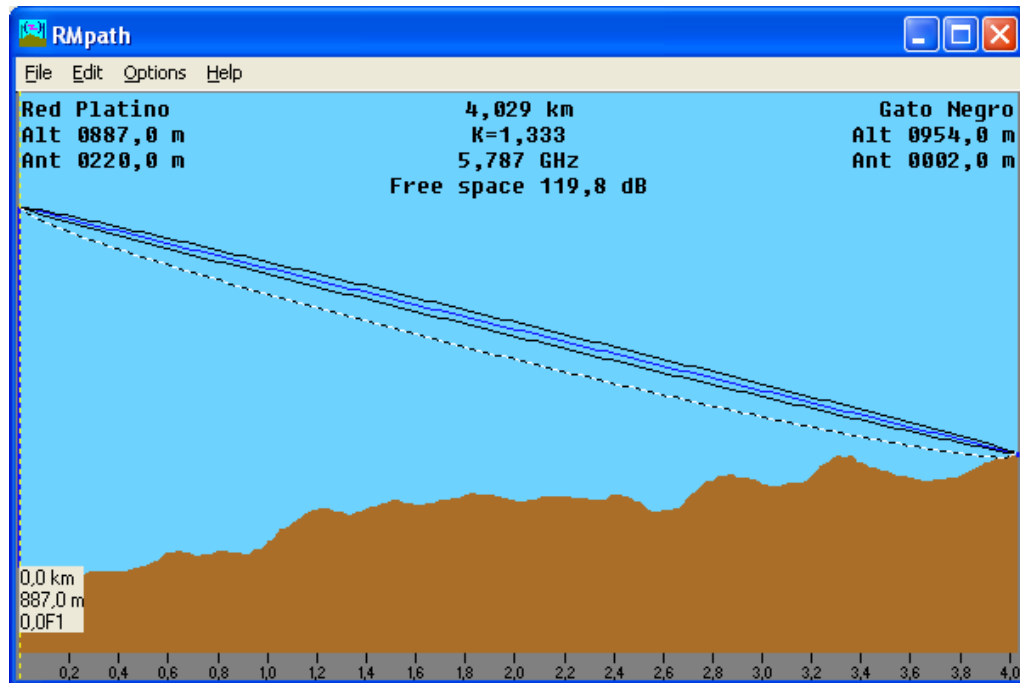
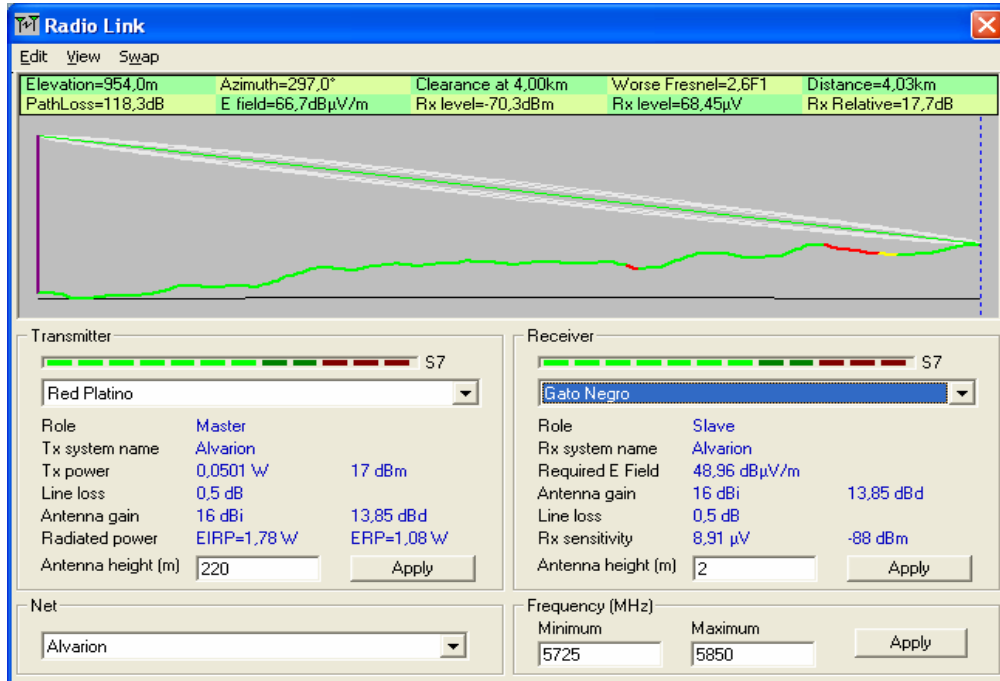
# ANEXO B

## Estación El Bosque



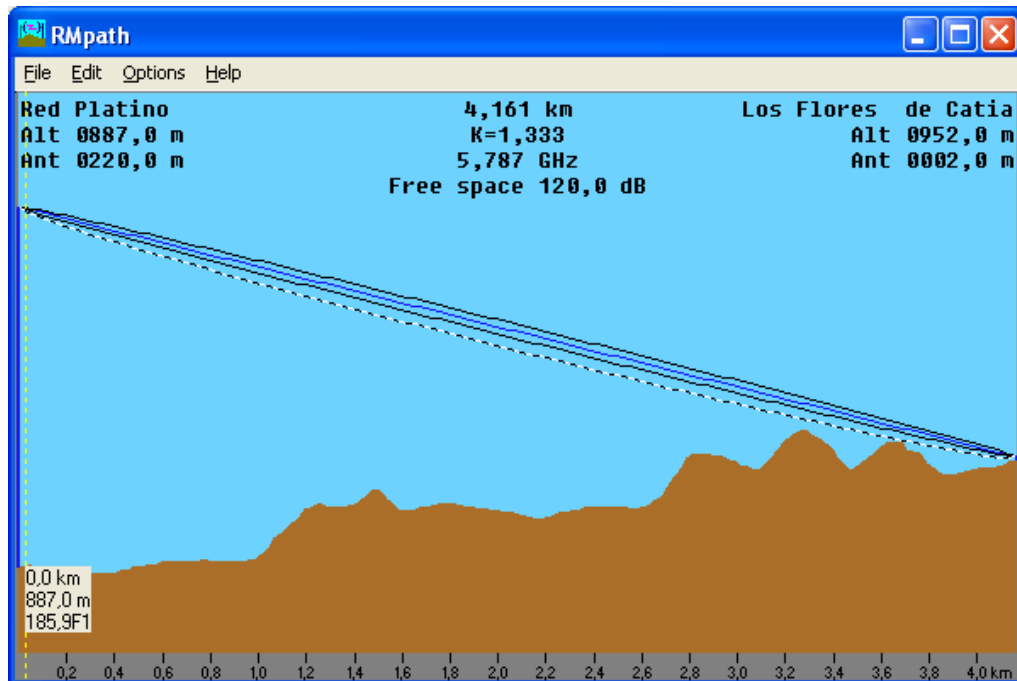
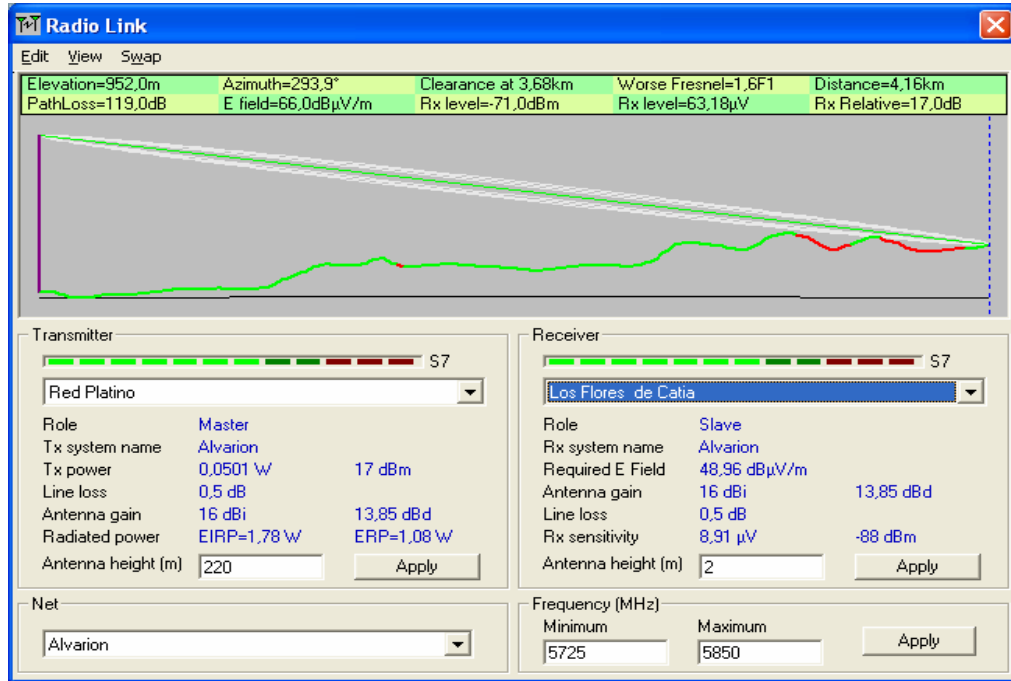
# ANEXO B

## Estación Gato Negro



# ANEXO B

## Estación Los Flores de Catia

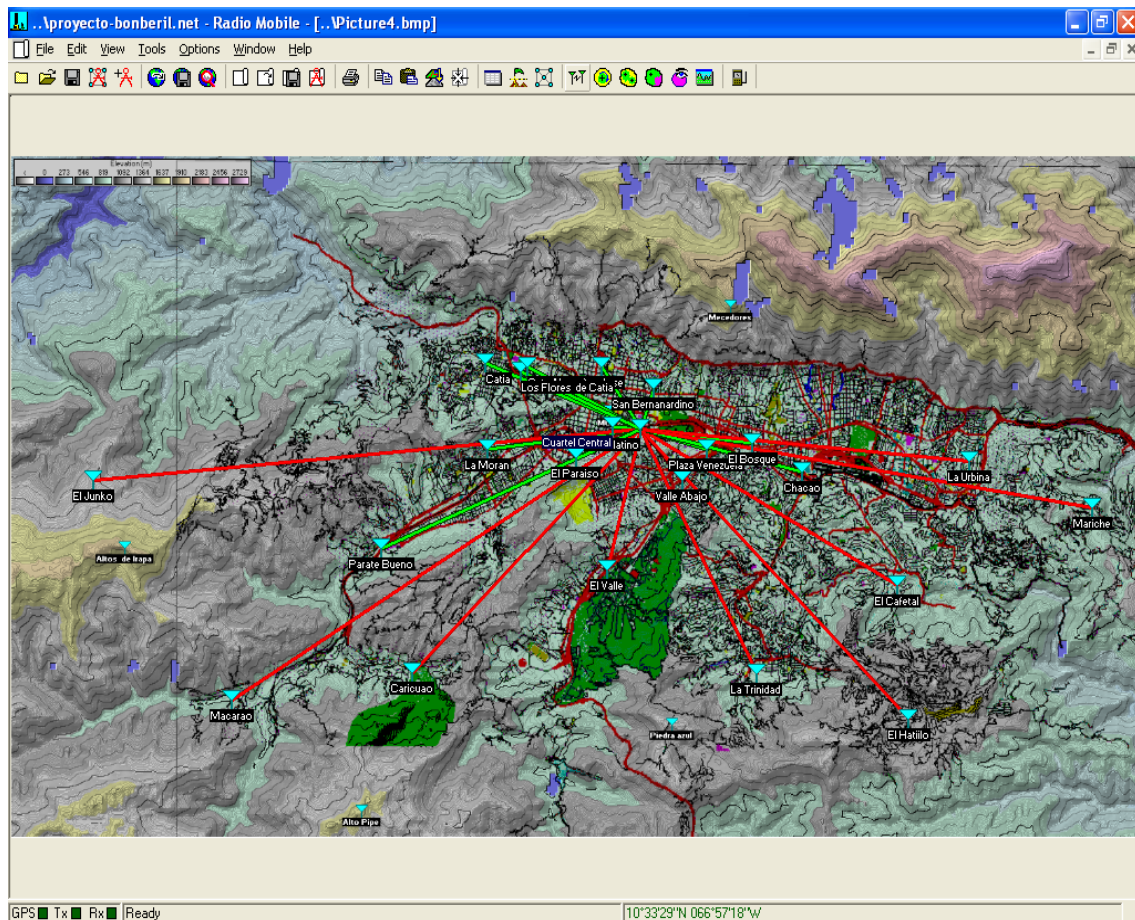


# Anexo C

## Estaciones de Bomberos sin línea de vista hacia la Torre Oeste de parque central.

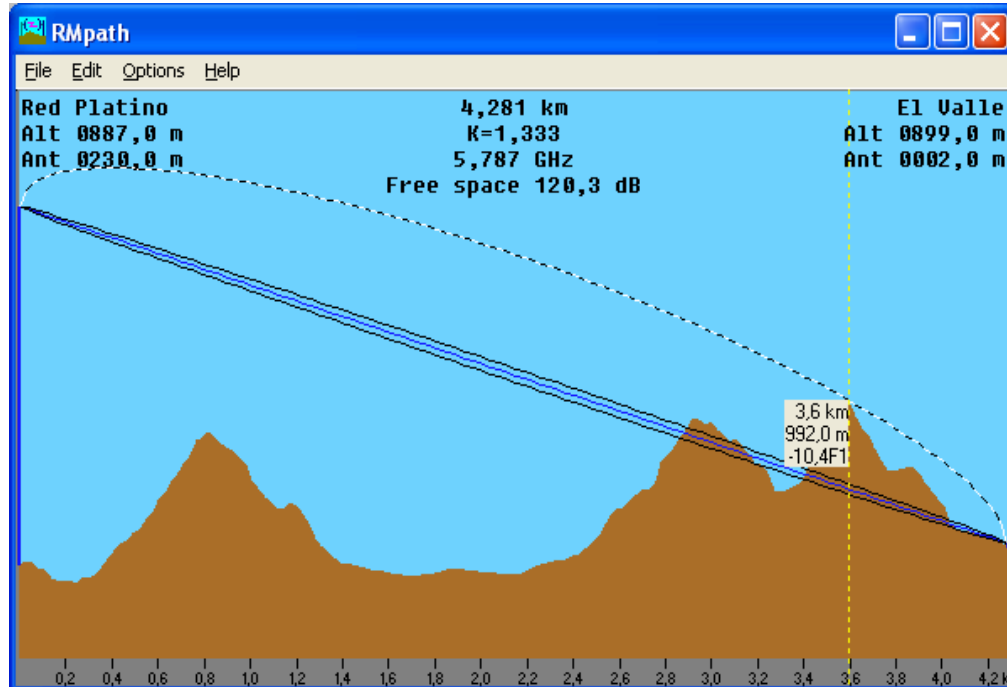
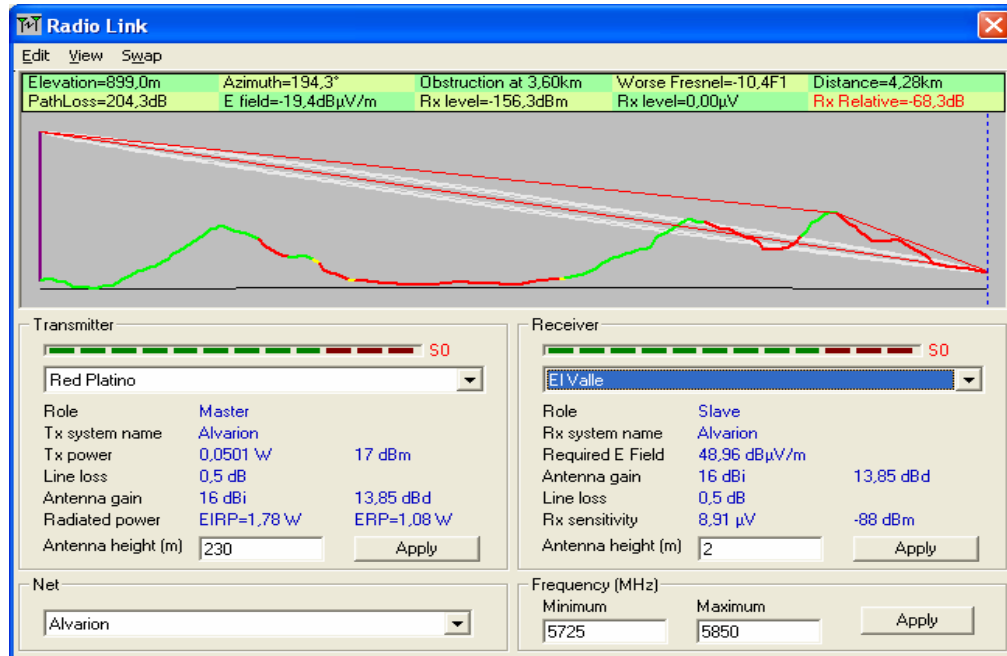
En los siguientes graficas se observa 10 estaciones que no tienen línea de vista con la Torre Oeste de Parque central, no obstante se muestran otras graficas para buscar la mejor conexión de estas estaciones. Es recomendado visitar cada una de estas estaciones para verificar la instalación de la antena suscriptor y la altura real de la misma para poder dar una evaluación más efectiva.

### Estación Base Oficina Red Platino



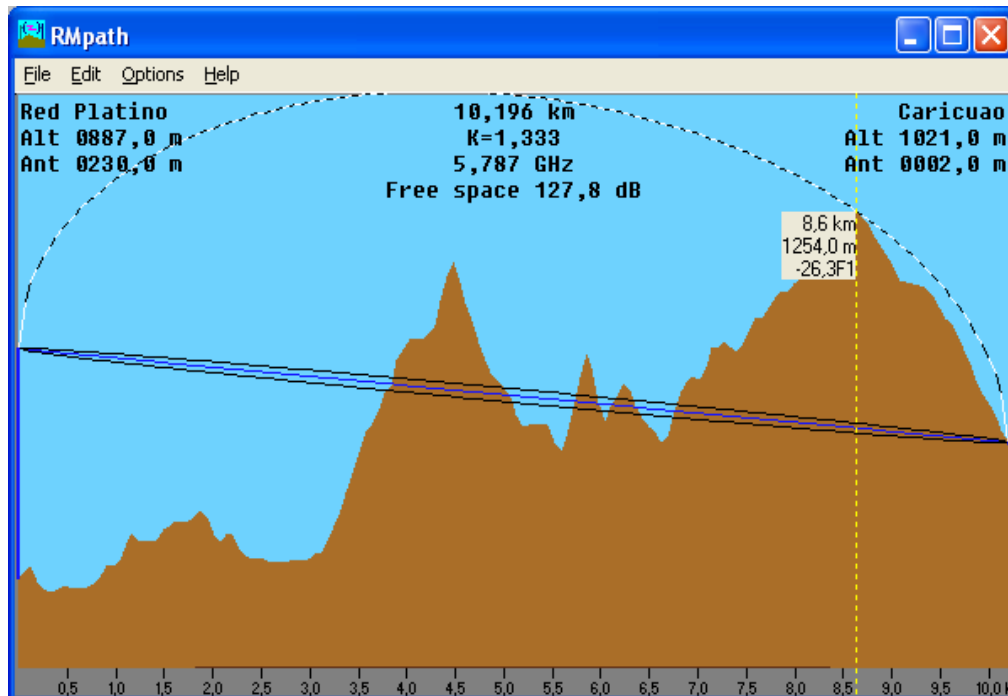
# Anexo C

## Estación El Valle



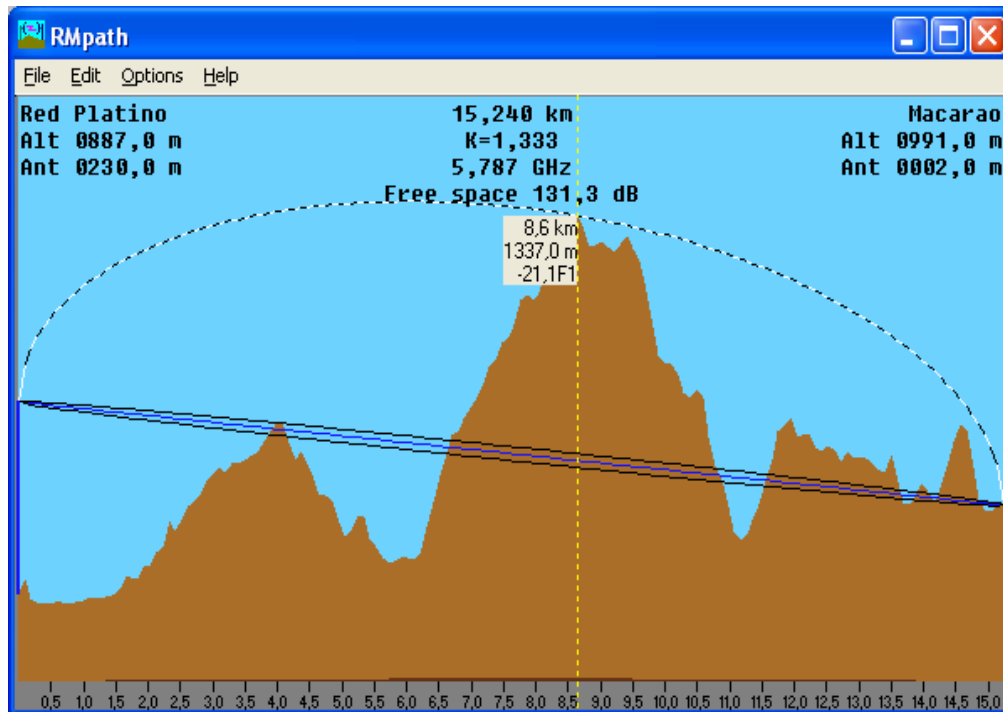
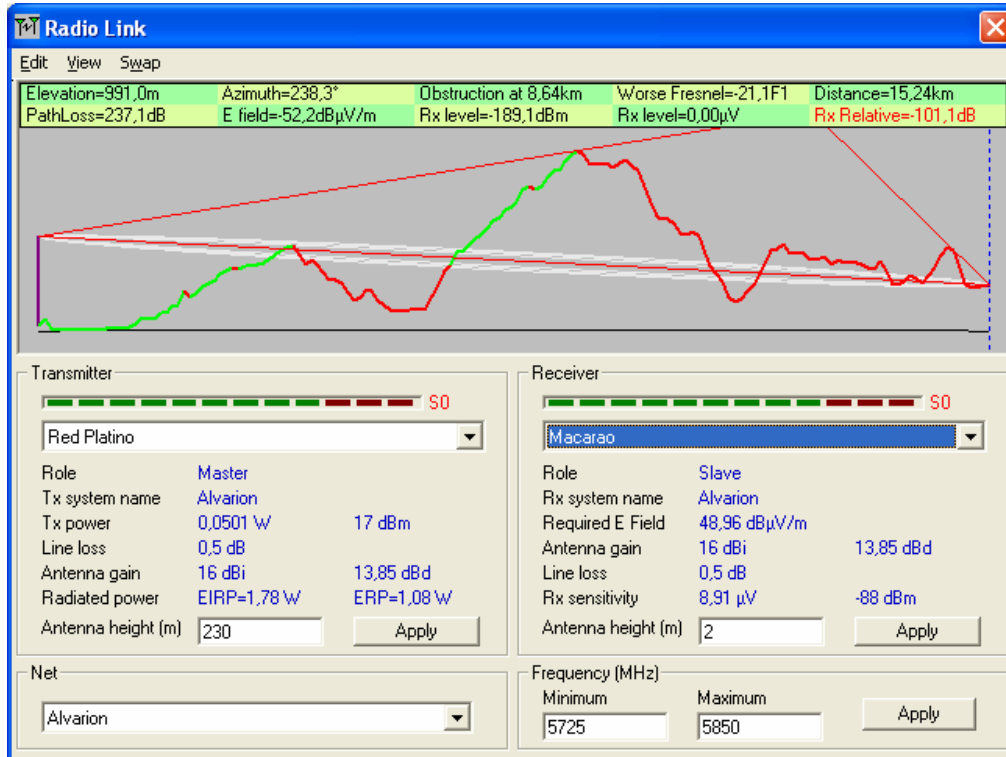
# Anexo C

## Estación Caricuao



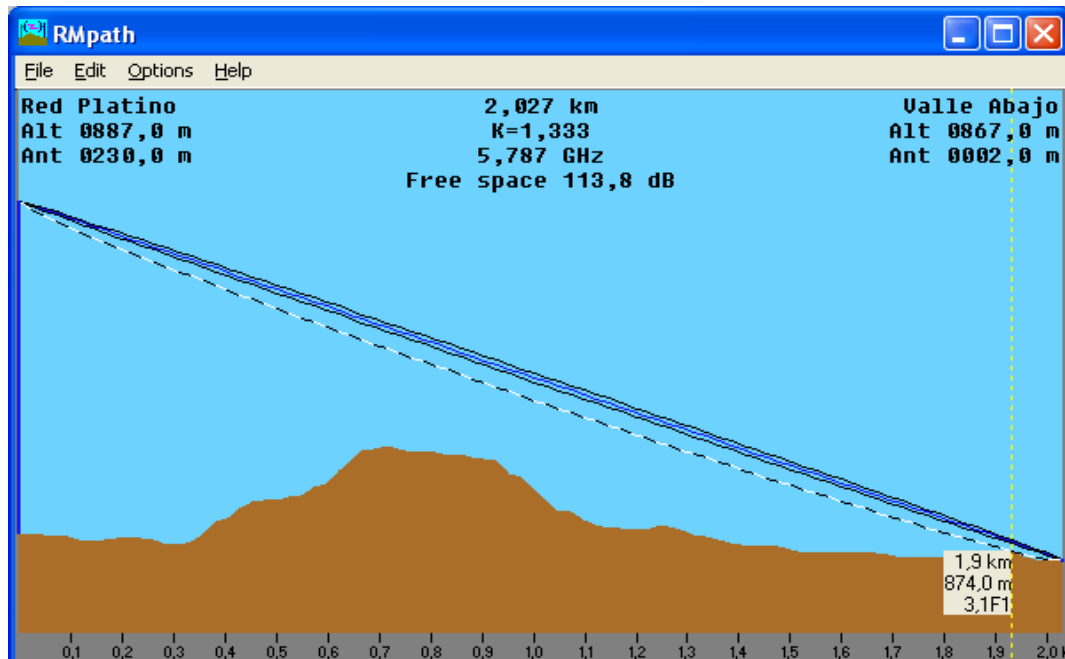
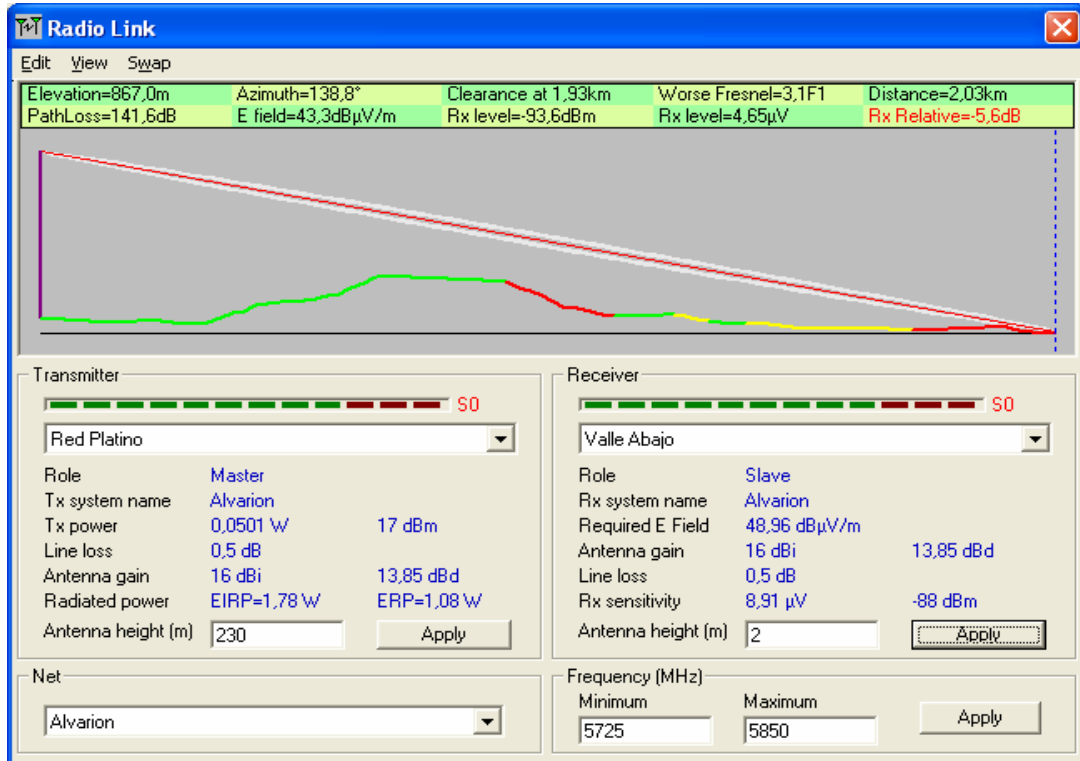
# Anexo C

## Estación Macarao



# Anexo C

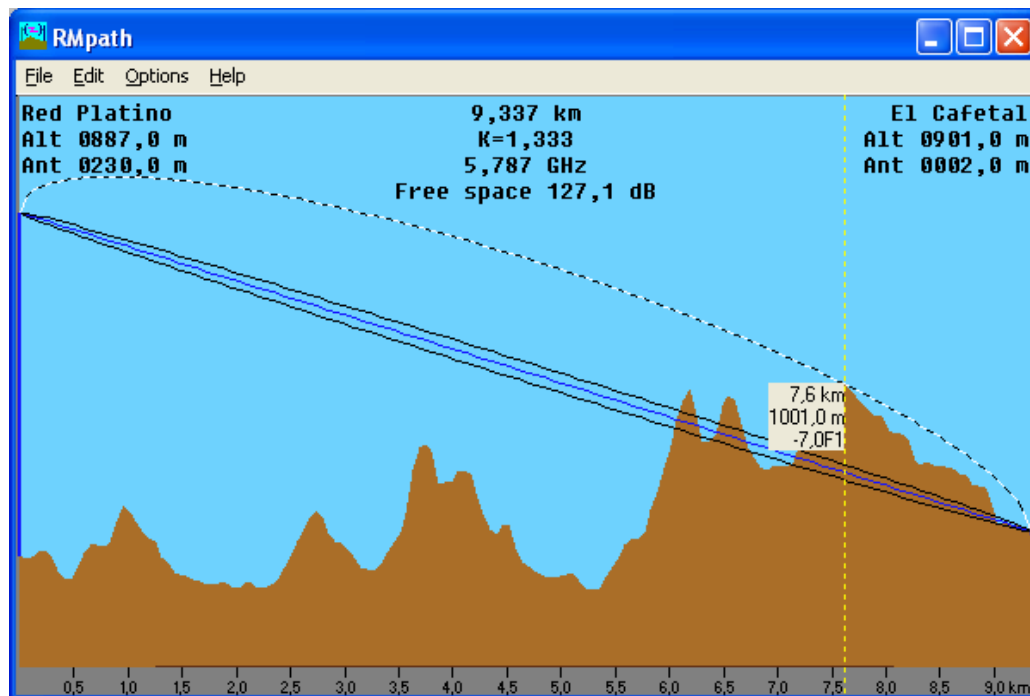
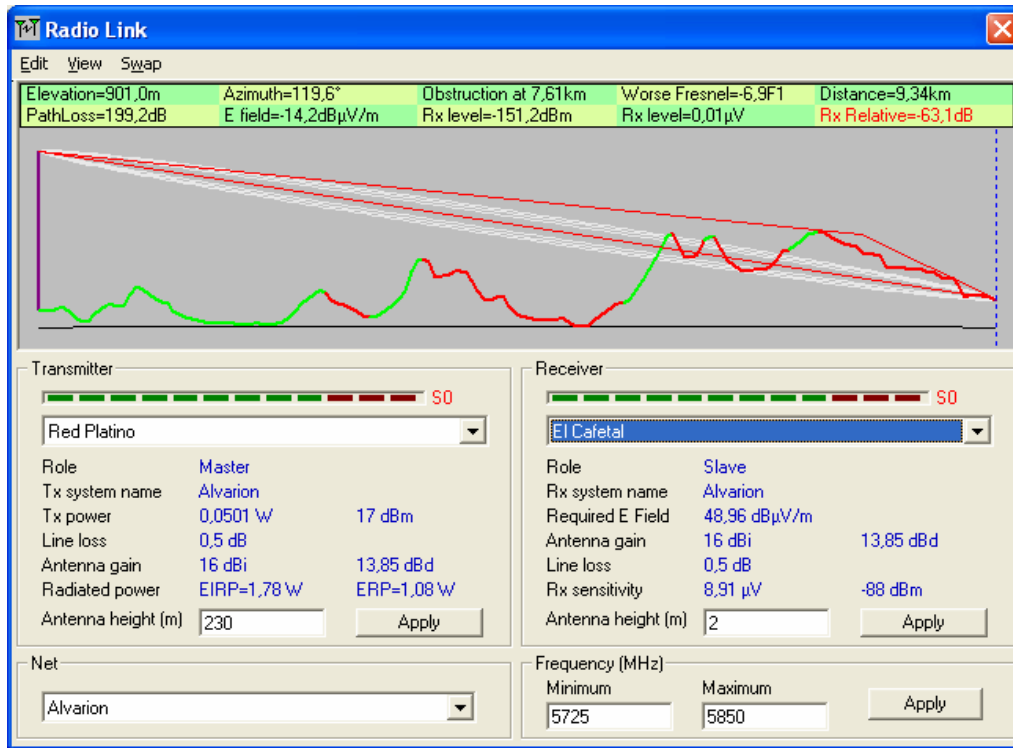
**Estación Valle Abajo:** Con una Torre de 20 metros de altura se consigue la conexión con Parque Central





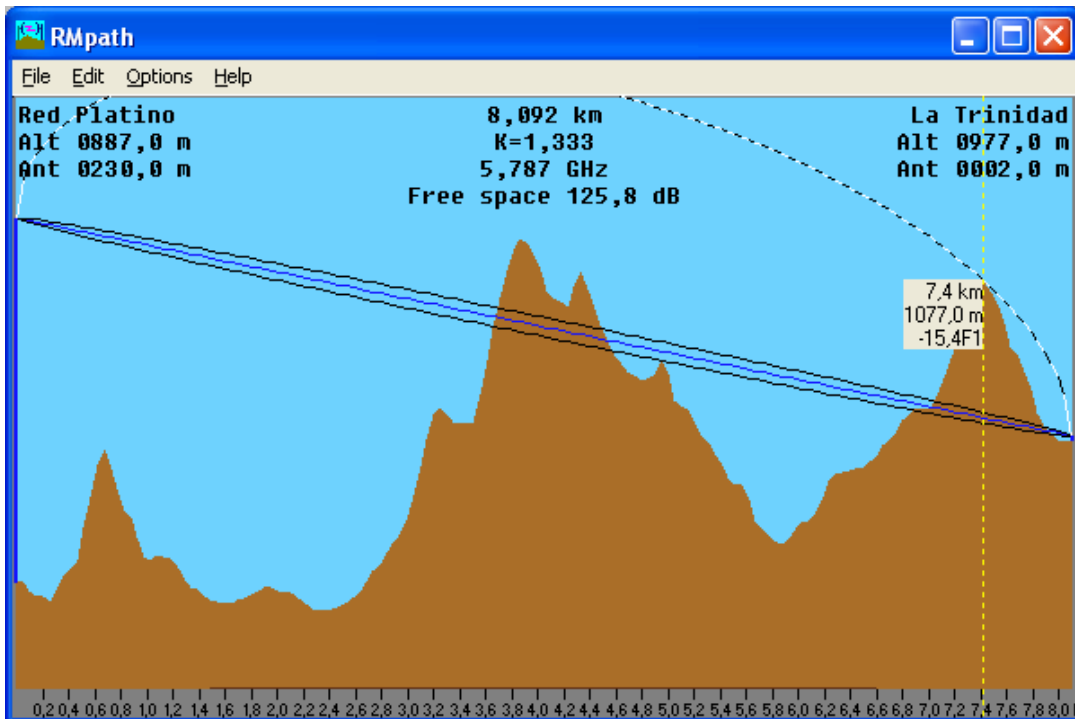
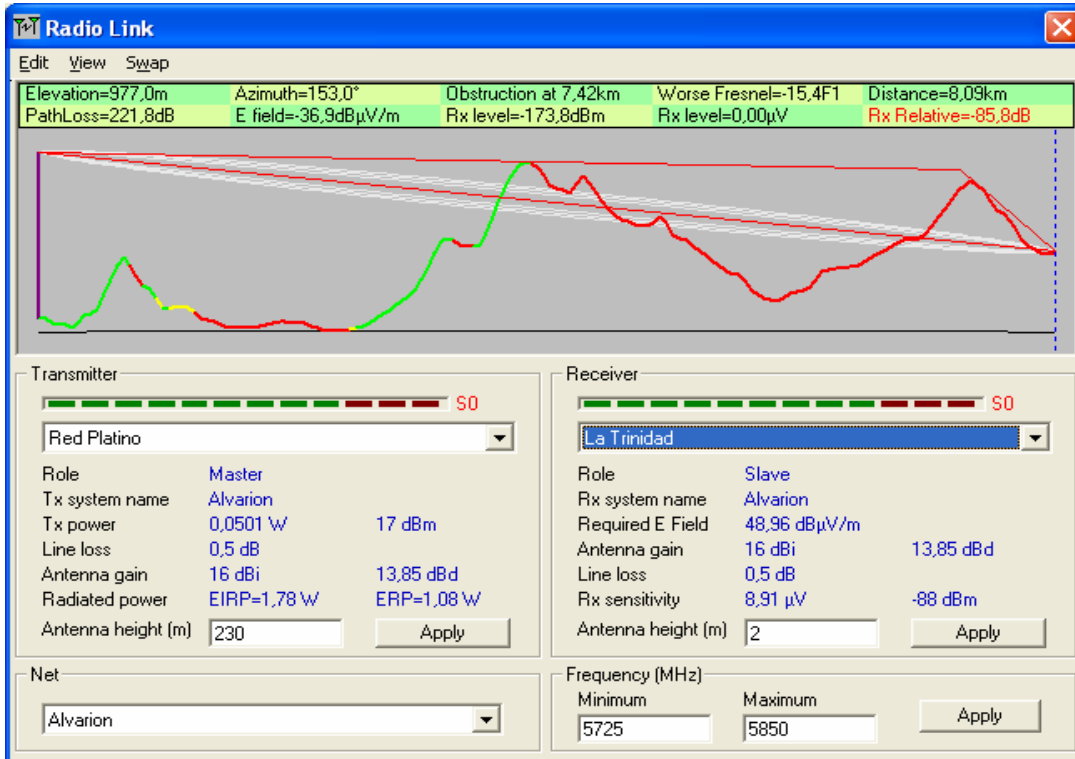
# Anexo C

## Estación El cafetal



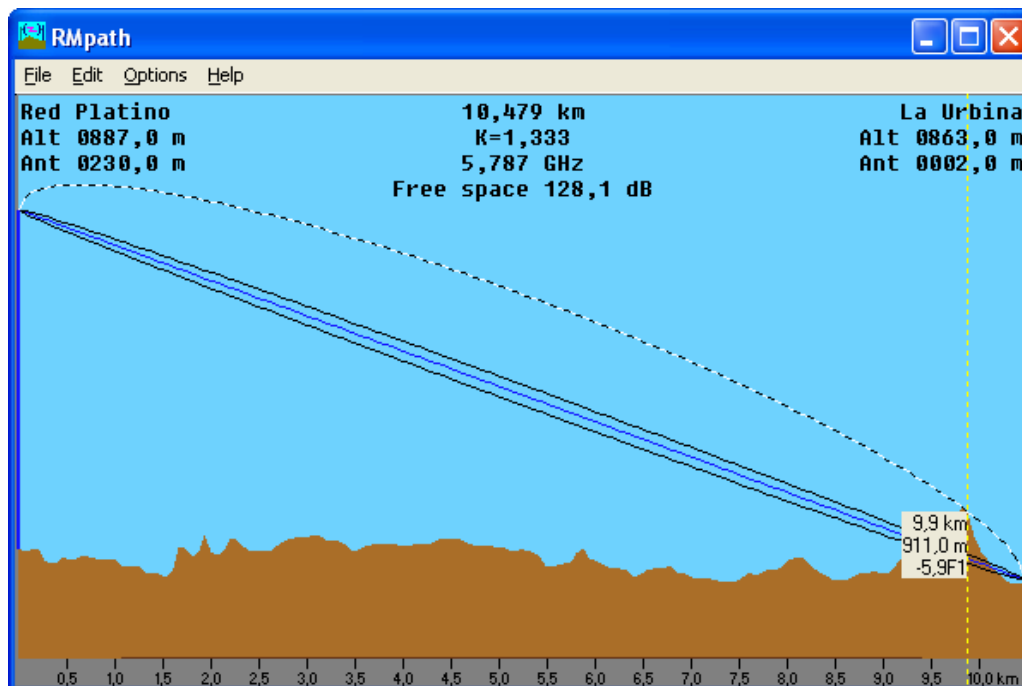
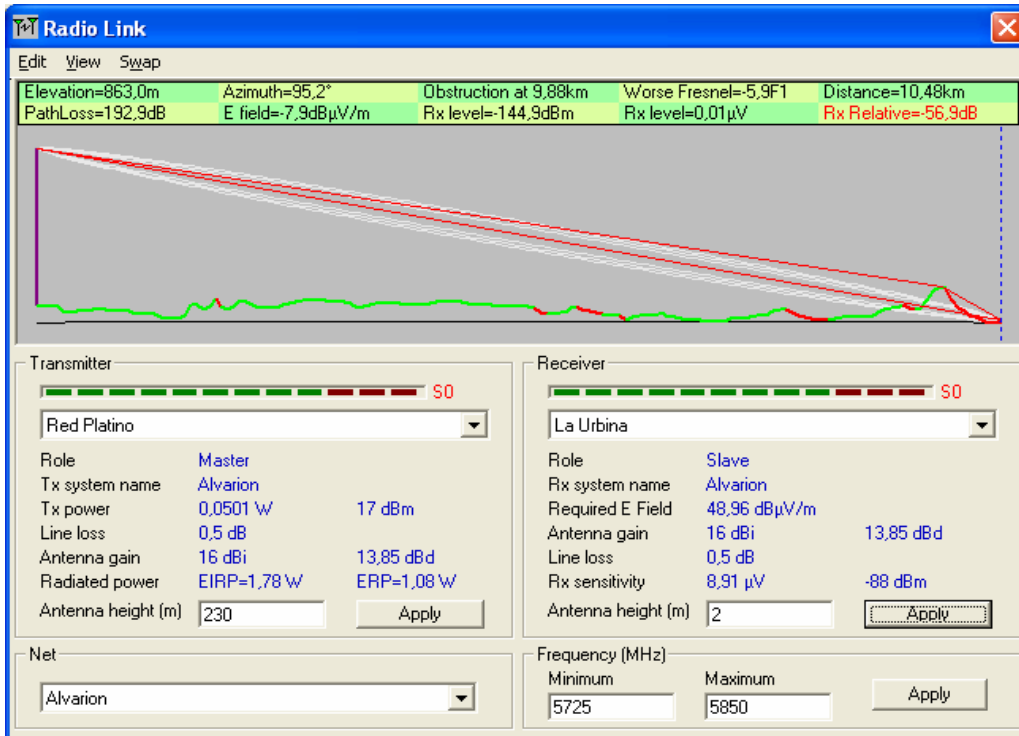
# Anexo C

## Estación La trinidad



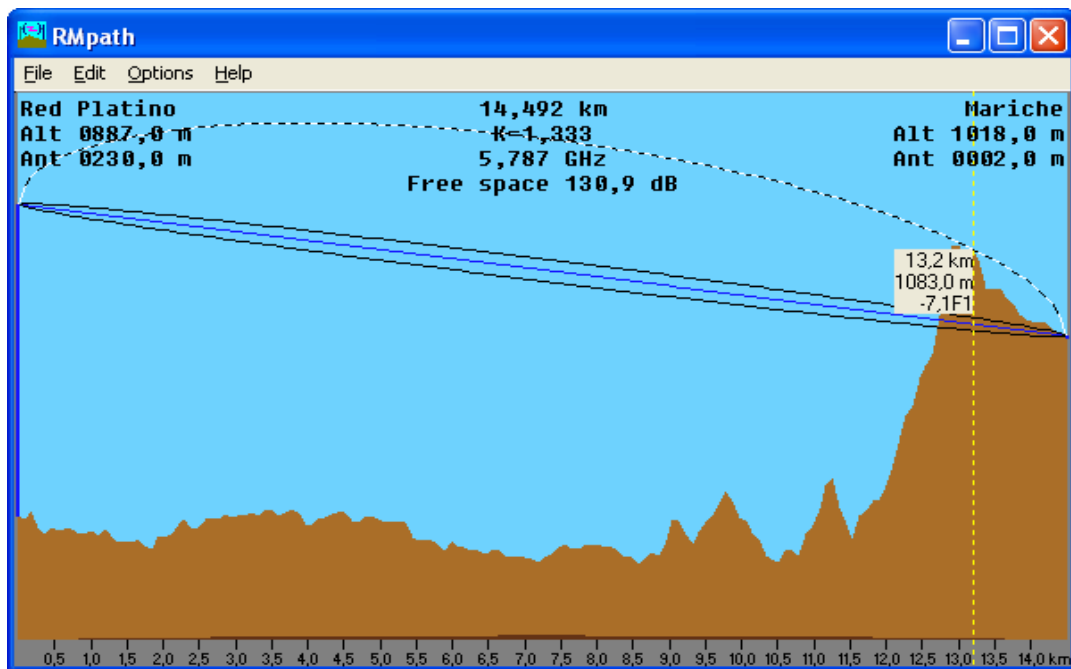
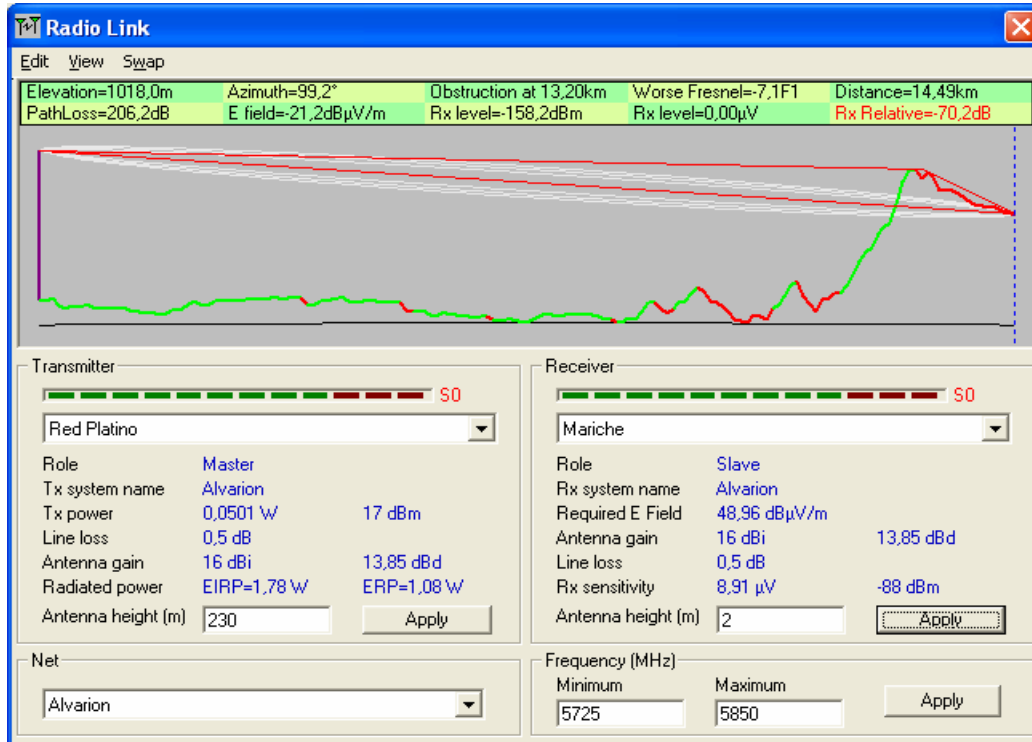
# Anexo C

## Estación La Urbina



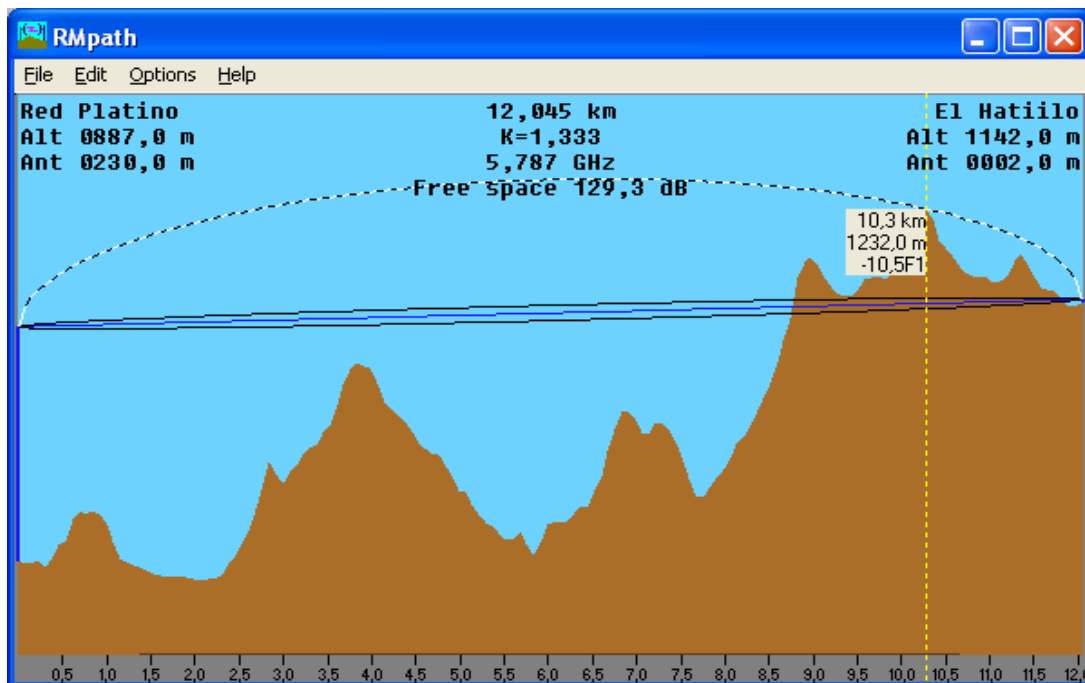
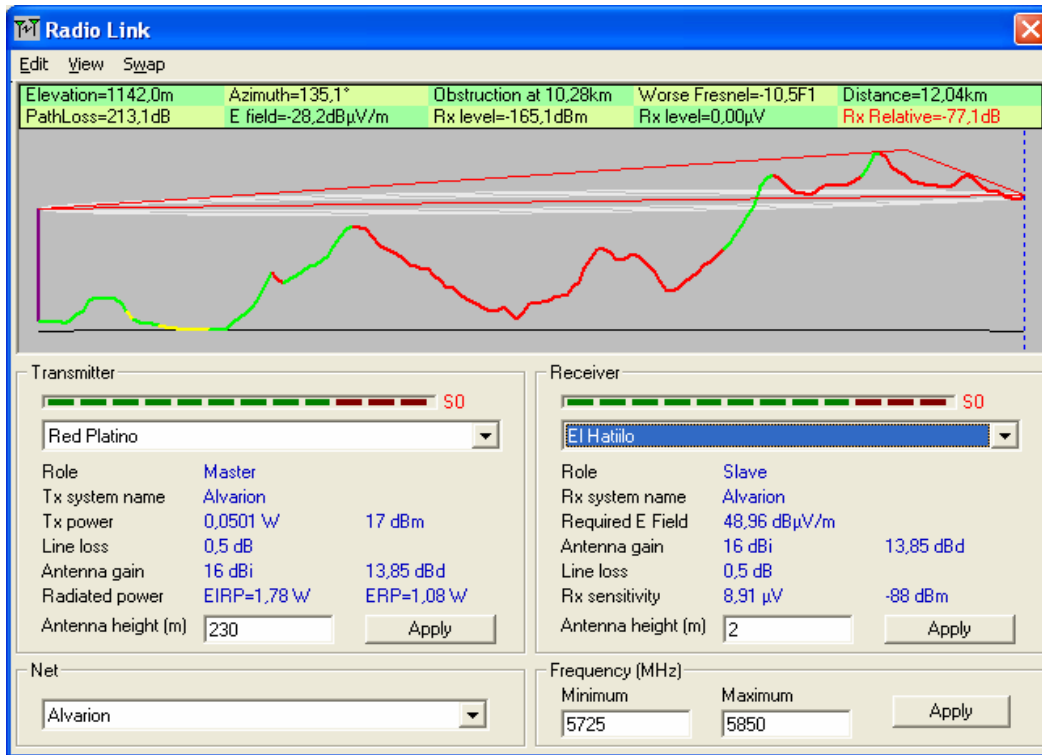
# Anexo C

## Estación Mariche



# Anexo C

## Estación El Hatillo



# ANEXO D

---

## PRUEBAS REALIZADAS CON EQUIPOS ALVARION DICIEMBRE 2006 Antena suscritora colocada en la azotea del cuartel central



## ANEXO D

---

**Vista de la torre oeste de parque central desde la azotea del cuartel central.**



**Instalación del IDU a uno de los Switch de la red del cuartel central**



# ANEXO D

## Instalación de los equipos en la estación de Plaza Venezuela





## ANEXO D

**Instalación de los equipos en el puesto de comando ubicado en el CNE.**



# ANEXO D

---



# ANEXO D

---

## PRUEBAS REALIZADAS DESDE EL HOTEL HUMBOLD MARZO 2007

### Instalación de Antena Base



# ANEXO D

---

**Antena Base BreezeAcces VL (90 grados)**



**Radio de la Antena Base**



# ANEXO D

---

**Antena Base apuntando hacia el Este de Caracas**



# ANEXO D

---

## INSTALACION DE ANTENA EN LA ESTACION DE CATIA MARZO 2007



# ANEXO D

---

**Antena Suscriptora**



**Antena Suscriptora instalada**



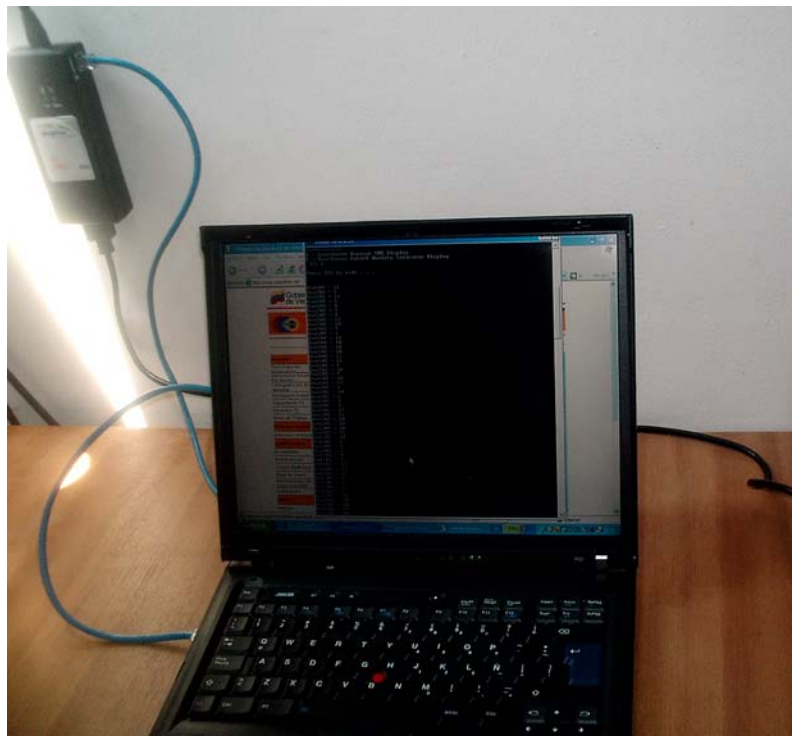
# ANEXO D

---

## IDU Estación de Catia



## Pruebas realizadas desde la Estación de Catia.





**ANEXO “E”**

**CUNABAF**

**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA**  
**MINISTERIO DE INFRAESTRUCTURA**  
**COMISIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES**

**Caracas, 28 de Julio de**

**2005**

**Año 195° y 146°**

**N° 617**

**PROVIDENCIA ADMINISTRATIVA**

Visto que la administración, regulación, ordenación y control del espectro radioeléctrico corresponde a la Comisión Nacional de Telecomunicaciones, de conformidad con lo previsto en el artículo 69 de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones;

Visto que de conformidad con lo dispuesto en el artículo 7 de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, el espectro radioeléctrico es un bien del dominio público de la República Bolivariana de Venezuela, para cuyo uso y explotación deberá contarse con la respectiva concesión, de conformidad con la Ley;

Visto que el Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias (CUNABAF) debe estar ajustado a los tratados internacionales suscritos por la República, y sustentarse en los mejores criterios para lograr un uso eficiente del espectro radioeléctrico, de conformidad con el artículo 72 de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones;

Visto que como resultado de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones CMR-2003 se modificaron las atribuciones de frecuencia establecidas en el artículo 5 del Reglamento de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, incluyéndose entre otras, la incorporación del servicio móvil aeronáutico por satélite con categoría de servicio secundario en la banda comprendida entre 14 GHz y 14,5 GHz;

Visto que con la finalidad de promover el desarrollo de los mercados de telecomunicaciones, el Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias (CUNABAF) debe procurar en lo posible, la disponibilidad de espectro radioeléctrico a tales efectos;

Visto que la modificación propuesta en la presente Providencia Administrativa no vulnera derechos de uso y explotación del espectro radioeléctrico ya asignados a los particulares;

El Director General de la Comisión Nacional de Telecomunicaciones en ejercicio de la facultad que le confiere el numeral 13 del artículo 44 de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, en concordancia con el artículo 71 ejusdem, resuelve dictar la presente.

## REFORMA PARCIAL DEL CUADRO NACIONAL DE ATRIBUCIÓN DE BANDAS DE FRECUENCIAS

**Artículo 1.** Se reforma el título del acto administrativo por medio del cual fue dictado el Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias (CUNABAF), sustituyendo “Resolución” por “Providencia Administrativa”, corrigiéndose de esta manera el error material, en virtud de los artículos 17 y 84 de la Ley Orgánica de Procedimientos Administrativos.

**Artículo 2.** Se modifican las atribuciones de las bandas 14-14,25 GHz; 14,25-14,3 GHz; 14,3-14,4 GHz; 14,4-14,47 GHz y 14,47-14,5 GHz, previstas en el artículo 9, de la siguiente manera:

| BANDA          | ATRIBUCIÓN UIT REGIÓN 2   | ATRIBUCIÓN VENEZUELA   | NOTA |
|----------------|---|--|------|
| 14-14,25 GHz   | FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.457A<br>5.457B 5.484A 5.506 5.506B<br>RADIONAVEGACIÓN 5.504<br>Móvil por satélite (Tierra-espacio) 5.504C 5.506A<br>Investigación espacial<br>5.504A 5.505             | 14 – 14,3 GHz<br>FIJO POR SATÉLITE<br>(Tierra-espacio)<br>RADIONAVEGACIÓN<br>Móvil por satélite (Tierra-espacio)<br>Investigación espacial |      |
| 14,25-14,3 GHz | FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.457A<br>5.457B 5.484A 5.506 5.506B<br>RADIONAVEGACIÓN 5.504<br>Móvil por satélite (Tierra-espacio) 5.506A 5.508A<br>Investigación espacial<br>5.504A 5.505 5.508 5.509 |  |      |
| 14,3-14,4 GHz  | FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.457A<br>5.484A 5.506 5.506B<br>Móvil por satélite (Tierra-espacio) 5.506A<br>Radionavegación por satélite<br>5.504A  | FIJO POR SATÉLITE<br>(Tierra-espacio)<br>Radionavegación por satélite<br>Móvil por satélite(Tierra-espacio)                                |      |

Artículo 3. Se reforma el artículo 11 de la siguiente manera:

“Artículo 11. Porciones del espectro radioeléctrico susceptibles de asignación en concesión de uso y explotación

Las porciones del espectro radioeléctrico susceptibles de asignación en concesión de uso y explotación, de conformidad con lo dispuesto en el numeral 1 del artículo 107 de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, son las siguientes:

| <b>Porciones</b>      |
|-----------------------|
| Por debajo de 230 MHz |
| 235-240 MHz           |
| 335-399,9 MHz         |
| 410-440 MHz           |
| 450-824 MHz           |
| 851-869 MHz           |
| 896-908 MHz           |
| 915-953 MHz           |
| 1710-1730 MHz         |
| 1805-1825 MHz         |
| 1885-1980 MHz         |
| 2110-2170 MHz         |
| 2200-2483,5 MHz       |
| 2,5-2,690 GHz         |
| 2,7-2,9 GHz           |
| 3,4-3,425 GHz         |
| 3,475-3,525 GHz       |
| 3,575-3,6 GHz         |
| 3,7-4,2 GHz           |
| 4,4-5,0 GHz           |
| 5,725-5,850 GHz       |
| 5,915-7,11 GHz        |
| 7,1245-8,500 GHz      |
| 10,15-10,30 GHz       |
| 10,50-10,65 GHz       |
| 10,695-12,2 GHz       |
| 12,75-13,25 GHz       |
| 13,75-15,35 GHz       |
| 17,7-18,8 GHz         |
| 19,3-20,2 GHz         |
| 21,2-23,6 GHz         |
| 24,1775-24,2225 GHz   |
| 24,550-25,050 GHz     |
| 25,558-26,058         |
| 27,650-28,350 GHz     |
| 29,5-30 GHz           |
| 38,7-39,3 GHz         |
| 39,4-40 GHz           |

Adicionalmente, serán susceptibles de asignación en concesión de uso y explotación todas aquellas porciones del espectro radioeléctrico que, no obstante no aparecer identificadas en el cuadro que antecede, hayan sido válidamente asignadas al momento de la entrada en vigencia del presente Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias (CUNABAF)".

**Artículo 4.** De conformidad con lo dispuesto en el artículo 5, de la Ley de Publicaciones Oficiales, corríjase la numeración a que hubiere lugar e imprímase a continuación el texto íntegro de la Providencia Administrativa a través de la cual se dicta el Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias, publicada en la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 5.592 Extraordinario, de fecha 27 de junio de 2002, con las modificaciones señaladas en la presente reforma y, en el correspondiente texto único, sustitúyase la fecha y demás datos a que hubiere lugar.

Comuníquese y Publíquese,

ALVIN LEZAMA PEREIRA

**Director General**

Según Decreto N° 2.493 del 4 de julio de 2003

Gaceta Oficial N° 37.725 del 4 de julio de 2003

**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
MINISTERIO DE INFRAESTRUCTURA  
COMISIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES**

**PROVIDENCIA ADMINISTRATIVA**

Visto que de conformidad con lo dispuesto en el artículo 7 de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, el espectro radioeléctrico es un bien del dominio público de la República Bolivariana de Venezuela, para cuyo uso y explotación deberá contarse con la respectiva concesión, de conformidad con la Ley;

Visto que la administración, regulación, ordenación y control del espectro radioeléctrico corresponde a la Comisión Nacional de Telecomunicaciones, de conformidad con lo previsto en el artículo 69 de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones;

Visto que de conformidad con lo dispuesto en el artículo 70 de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, la administración, regulación, ordenación y control del espectro radioeléctrico, incluyen, entre otras facultades, la determinación del Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias (CUNABAF);

Visto que el Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias (CUNABAF) es un instrumento necesario para determinar el uso que debe dársele a las bandas de frecuencias, a fin de asegurar su operatividad, minimizar la probabilidad de interferencia perjudicial, permitir la coexistencia de servicios dentro de una misma banda de frecuencias, de ser el caso, así como garantizar el uso eficiente del espectro radioeléctrico;

En ejercicio de las atribuciones conferidas en el numeral 8 del artículo 37, y el numeral 13 del artículo 44, en concordancia con los artículos 71 y 72, todos de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones y, de conformidad con el Decreto N° 1.288 de fecha 7 de mayo de 2001, el Director General de la Comisión Nacional de Telecomunicaciones, dicta el siguiente:

***CUADRO NACIONAL DE ATRIBUCIÓN DE BANDAS DE FRECUENCIAS***

**Capítulo I  
Disposiciones Generales**

***Artículo 1. Objeto***

El presente Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias (CUNABAF) tiene por objeto establecer la atribución de las bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico, de conformidad con lo establecido en la Ley Orgánica de Telecomunicaciones y en las normas vinculantes dictadas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones; determinar las porciones del espectro radioeléctrico destinadas para uso gubernamental; así como aquellas susceptibles de ser asignadas en concesión de uso y explotación.

## **Artículo 2. Definiciones**

El significado de los términos utilizados en el Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias (CUNABAF) que no se encuentren definidos en la Ley Orgánica de Telecomunicaciones o en sus reglamentos, será el que le asignen los convenios o tratados internacionales suscritos y ratificados por Venezuela, en especial, las definiciones adoptadas en el Reglamento de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones.

## **Artículo 3. Atribución**

El presente Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias (CUNABAF) establece la atribución de las distintas bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico en Venezuela tomando como referencia la atribución prevista en el Cuadro de Atribución de Bandas de Frecuencias contenido en el Reglamento de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones.

La Comisión Nacional de Telecomunicaciones ejercerá la coordinación necesaria para la utilización del espectro radioeléctrico en su proyección internacional, de conformidad con la Ley Orgánica de Telecomunicaciones y los tratados y acuerdos internacionales suscritos y ratificados por la República Bolivariana de Venezuela.

## **Artículo 4. Asignación de porciones del espectro radioeléctrico**

De conformidad con las disposiciones de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, la asignación de porciones del espectro radioeléctrico que realice tanto el Ministro de Infraestructura como la Comisión Nacional de Telecomunicaciones, según el caso, deberá ajustarse a la atribución contenida en el presente Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias (CUNABAF) y a las demás normas sobre la materia.

## **Artículo 5. Usos y servicios**

A los efectos del presente Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias (CUNABAF), se entenderá por servicios, de conformidad con las disposiciones del Reglamento de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, tanto los usos que pueda dársele a una porción del espectro radioeléctrico como los atributos concretos que puedan ser prestados a través de tales porciones.

## **Artículo 6. Categorías de servicios**

En los casos en que el presente Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias (CUNABAF) atribuya una misma banda de frecuencias para varios servicios de radiocomunicaciones, deberá atenderse a lo siguiente:

1. Los servicios cuyos nombres se indican en letras mayúsculas (ejemplo: RADIONAVEGACIÓN), se denominan servicios primarios.
2. Los servicios cuyos nombres se indican en letras minúsculas (ejemplo: Móvil), se denominan servicios secundarios y están sujetos a las limitaciones a que hace referencia el artículo siguiente.

## **Artículo 7. Limitaciones de los servicios secundarios**

Los operadores de aquellos servicios de radiocomunicaciones que, de conformidad con lo dispuesto en el artículo anterior, pertenezcan a la categoría de servicios secundarios,

estarán, de conformidad con lo previsto en el Reglamento de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, sometidos a las siguientes limitaciones:

1. No deben causar interferencia perjudicial a las estaciones de un servicio primario a las que se les hayan asignado frecuencias con anterioridad o se les puedan asignar en el futuro;
2. No pueden reclamar protección contra interferencias perjudiciales causadas por estaciones de un servicio primario a las que se les hayan asignado frecuencias con anterioridad o se les puedan asignar en el futuro;
3. Sólo tienen derecho a la protección contra interferencias perjudiciales causadas por estaciones del mismo servicio o de otros servicios secundarios a las que se les asignen frecuencias ulteriormente.

#### **Artículo 8. Bandas de frecuencias**

A los efectos del presente Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias (CUNABAF) se definen nueve grandes categorías de bandas de frecuencias, a saber: VLF, LF, MF, HF, VHF, UHF, SHF, EHF y THF, las cuales se encuentran subdivididas en bandas de frecuencias que se atribuyen a los distintos servicios de radiocomunicaciones.

| <b>Símbolo</b> | <b>Gama de frecuencias</b> | <b>Subdivisión métrica Correspondiente</b> | <b>Abreviaturas métricas para las bandas</b> |
|----------------|----------------------------|--|--|
| VLF            | 3 A 30 kHz                 | Ondas miriamétricas                        | B.Mam  |
| LF             | 30 A 300 Khz               | Ondas kilométricas                         | B.km   |
| MF             | 300 A 3000 kHz             | Ondas hectométricas                        | B.hm   |
| HF             | 3 A 30 MHz                 | Ondas decamétricas                         | B.dam  |
| VHF            | 30 A 300 MHz               | Ondas métricas                             | B.m  |
| UHF            | 300 A 3000 MHz             | Ondas decimétricas                         | B.dm   |
| SHF            | 3 A 30 GHz                 | Ondas centimétricas                        | B.cm   |
| EHF            | 30 A 300 GHz               | Ondas milimétricas                         | B.mm   |
| THF            | 300 A 3000 GHz             | Ondas decimilimétricas                     | B.dmm  |

### **Capítulo II**

#### **Atribución de las Bandas de Frecuencias del Espectro Radioeléctrico**

##### **Artículo 9. Atribución de las bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico**

El Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias (CUNABAF) presenta cuatro columnas identificadas de la siguiente manera: “BANDA”, “ATRIBUCIÓN UIT REGIÓN 2”, “ATRIBUCIÓN VENEZUELA” y “NOTA”.

Las columnas denominadas “BANDA” y “ATRIBUCIÓN UIT REGIÓN 2” corresponden al Cuadro de Atribución de Bandas de Frecuencias previsto en el Reglamento de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones y contienen referencia a las notas internacionales establecidas en el referido reglamento.



La columna denominada “ATRIBUCIÓN VENEZUELA” contiene la atribución de las bandas de frecuencias para los diversos servicios de radiocomunicaciones en Venezuela y la columna denominada “NOTA” contiene las notas nacionales sobre la utilización de las bandas de frecuencias en Venezuela y aparecen identificadas con la letra “V” y un número correlativo. La atribución de una banda de frecuencias determina el uso que puede dársele a una porción del espectro radioeléctrico y/o los servicios que pueden prestarse a través de la misma.

| <b>BANDA</b>      | <b>ATRIBUCIÓN UIT REGIÓN 2</b>  | <b>ATRIBUCIÓN VENEZUELA</b>   | <b>NOTA</b> |
|-------------------|---|---|-------------|
| Inferior a 9 kHz  | (no atribuida) 5.53 5.54  | (no atribuida)  |             |
| 9 – 14 kHz        | RADIONAVEGACIÓN   | RADIONAVEGACIÓN   |             |
| 14 – 19,95 kHz    | FIJO<br>MÓVIL MARÍTIMO 5.57<br>5.55 5.56  | FIJO<br>MÓVIL MARÍTIMO  |             |
| 19,95 – 20,05 kHz | FRECUENCIAS PATRÓN Y SEÑALES<br>HORARIAS (20 kHz)   | FRECUENCIAS PATRÓN Y SEÑALES<br>HORARIAS (20 kHz)                       |             |
| 20,05 – 70 kHz    | FIJO<br>MÓVIL MARÍTIMO 5.57<br>5.56 5.58  | FIJO<br>MÓVIL MARÍTIMO  |             |
| 70 – 90 kHz       | FIJO<br>MÓVIL MARÍTIMO 5.57<br>RADIONAVEGACIÓN MARÍTIMA 5.60<br>Radiolocalización<br>5.61 | FIJO<br>MÓVIL MARÍTIMO<br>RADIONAVEGACIÓN MARÍTIMA<br>Radiolocalización |             |
| 90 – 110 kHz      | RADIONAVEGACIÓN 5.62<br>Fijo<br>5.64  | RADIONAVEGACIÓN<br>Fijo   |             |
| 110 – 130 kHz     | FIJO<br>MÓVIL MARÍTIMO<br>RADIONAVEGACIÓN MARÍTIMA 5.60<br>Radiolocalización<br>5.61 5.64 | FIJO<br>MÓVIL MARÍTIMO<br>RADIONAVEGACIÓN MARÍTIMA<br>Radiolocalización |             |
| 130 – 160 kHz     | FIJO<br>MÓVIL MARÍTIMO<br>5.64  | FIJO<br>MÓVIL MARÍTIMO  |             |
| 160 – 190 kHz     | FIJO  | FIJO  |             |
| 190 – 200 kHz     | RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA   | RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA   |             |

|                   |  |   |     |
|-------------------|--|---|-----|
| 5 650 – 5 725 MHz | RADIOLOCALIZACIÓN<br>Aficionados<br>Investigación espacial (espacio lejano)<br>5.282 5.451 5.453 5.454 5.455 | RADIOLOCALIZACIÓN<br>Aficionados<br>Investigación espacial (espacio lejano)           |     |
| 5 725 – 5 830 MHz | RADIOLOCALIZACIÓN<br>Aficionados 5.150 5.453 5.455   | RADIOLOCALIZACIÓN<br>FIJO<br>Aficionados  | V26 |
| 5 830 - 5 850 MHz | RADIOLOCALIZACIÓN<br>Aficionados<br>Aficionados por satélite (espacio-Tierra)<br>5.150 5.453 5.455           | RADIOLOCALIZACIÓN<br>Aficionados<br>FIJO<br>Aficionados por satélite (espacio-Tierra) | V26 |
| 5 850 – 5 925 MHz | FIJO<br>FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio)<br>MÓVIL<br>Aficionados<br>Radiolocalización 5.150                | 5850 –7075 MHz<br>FIJO<br>FIJO POR SATÉLITE   | V26 |
| 5 925 – 6 700 MHz | FIJO   |   |     |
|                   | FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio)<br>MÓVIL 5.440 5.458 5.149  |   | V27 |
| 6 700 – 7 075 MHz | FIJO<br>FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio)<br>(espacio-Tierra) 5.441<br>MÓVIL<br>5.458 5.458A 5.458B 5.458C  |   |     |
| 7075 - 7250 MHz   | FIJO<br>MÓVIL<br>5.458 5.459 5.460   | FIJO  | V27 |
|                   |  |   | V28 |

|              |  |  |  |
|--------------|--|--|--|
| 265-275 GHz  | FIJO<br>FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio)<br>MÓVIL<br>RADIOASTRONOMÍA<br>5.149 5.563A | FIJO<br>FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio)<br>MÓVIL<br>RADIOASTRONOMÍA |  |
| 275-1000 GHz | (no atribuida) 5.565   | (no atribuida)   |  |

### Capítulo III Notas Nacionales

#### **Artículo 10. Notas Nacionales**

La información correspondiente a las notas nacionales contenidas en el Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias (CUNABAF), es la siguiente:

**V1:** La banda de frecuencias comprendida entre 54-72 MHz está atribuida al atributo de televisión abierta VHF, en los canales 2, 3 y 4, los cuales utilizan las porciones del espectro radioeléctrico de 54-60 MHz, 60-66 MHz y 66-72 MHz, respectivamente.

**V2:** La banda de frecuencias comprendida entre 76-88 MHz está atribuida al atributo de televisión abierta VHF, en los canales 5 y 6, los cuales utilizan las porciones del espectro radioeléctrico de 76-82 MHz y 82-88 MHz, respectivamente.

**V3:** De conformidad con el apéndice S15 del Reglamento de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones:

a) La frecuencia 156,300 MHz puede utilizarse para comunicaciones entre las estaciones de barco y de aeronaves que participen en operaciones coordinadas de búsqueda y salvamento. También puede ser utilizada por las estaciones de aeronaves para comunicar con estaciones de barco con otros fines de seguridad.

b) La frecuencia 156,650 MHz se utiliza en las comunicaciones de barco a barco relativas a la seguridad de la navegación.

c) La frecuencia de 156,8 MHz se utiliza para las comunicaciones de socorro y seguridad en radiotelefonía. También puede ser utilizada por las estaciones de aeronaves con fines de seguridad exclusivamente.

**V4:** De conformidad con el apéndice S18 del Reglamento de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, las frecuencias de 156,025-157,425 MHz, 160,625-160,950 y 161,500-162,025 MHz podrán ser utilizadas para servicios entre barcos, estaciones portuarias, movimientos de barco y correspondencia pública.

**V5:** La banda de frecuencias comprendida entre 174-216 MHz está atribuida al atributo de televisión abierta VHF, en los canales 7, 8, 9, 10, 11, 12 y 13, los cuales utilizan las porciones del espectro radioeléctrico de 174-180 MHz, 180-186 MHz, 186-192 MHz, 192-198 MHz, 198-204 MHz, 204-210 MHz y 210-216 MHz, respectivamente.

**V6:** La banda de frecuencias comprendida entre 216-220 MHz y la subbanda de frecuencias comprendida entre 225-230 MHz, están atribuidas al servicio fijo para los enlaces estudio-planta requeridos por el atributo de radiodifusión sonora en Amplitud Modulada (AM).

**V7:** La subbanda de frecuencias comprendida entre 235-239 MHz está atribuida al servicio móvil para los enlaces móvil-estudio requeridos por el atributo de radiodifusión sonora en Frecuencia Modulada (FM).

La subbanda de frecuencias comprendida entre 239-240 MHz está atribuida al servicio móvil para los enlaces móvil-estudio requeridos por el atributo de radiodifusión sonora en Amplitud Modulada (AM).

**V8:** Las porciones del espectro radioeléctrico comprendidas entre 380-389,4 MHz y 389,9-399,4 MHz están atribuidas específicamente al atributo de radiocomunicaciones móviles terrestres, con anchos de banda por radiocanal de 25 kHz y está destinada exclusivamente para uso gubernamental.

Las porciones del espectro radioeléctrico comprendidas entre 389,4-389,9 MHz y 399,4-399,9 MHz están atribuidas específicamente al atributo de radiocomunicaciones móviles terrestres, con anchos de banda por radiocanal de 25 kHz, para el cumplimiento de las obligaciones de servicio universal previstas en la Ley Orgánica de Telecomunicaciones.

**V9:** La porción del espectro radioeléctrico comprendida entre 410-430 MHz está atribuida específicamente al atributo de radiocomunicaciones móviles terrestres.

**V10:** Las porciones de espectro radioeléctrico comprendidas entre 450-470 MHz y 490-512 MHz están atribuida específicamente a los atributos de Radiocomunicación móvil terrestre, Radiomensajes, Transporte, Radiodeterminación, además del atributo de Ayuda a la meteorología para la porción comprendida entre 460-470 MHz.

**V11:** La subbanda de frecuencias comprendida entre 470-490 MHz está destinada exclusivamente para uso gubernamental.

**V12:** Las subbandas de frecuencias comprendidas entre 806-821 MHz y 851-866 MHz están atribuidas, específicamente, al atributo de radiocomunicaciones móviles terrestres, con anchos de banda por radiocanal de 25 kHz.

**V13:** Las subbandas de frecuencias comprendidas entre 821-824 MHz y 866-869 MHz están atribuidas, específicamente, al atributo de radiocomunicaciones móviles terrestres y están destinadas exclusivamente para uso gubernamental, con anchos de banda por radiocanal de 12,5 kHz.

**V14:** La subbanda de frecuencias comprendida entre 901-902 MHz está atribuida, específicamente, al atributo de radiomensajes.

**V25:** De conformidad con el Anexo 1 de la Recomendación de la Unión Internacional de Telecomunicaciones N° UIT-R 1099-3, las bandas de frecuencias comprendidas entre 4400 a 5000 MHz, son utilizadas para la operación de sistemas de microondas punto a punto.

**V26:** La porción del espectro radioeléctrico comprendida entre 5725-5850 MHz está atribuida a los atributos de telefonía fija local, servicios de internet, transporte y acceso a redes de datos, para el cumplimiento de las obligaciones de servicio universal previstas en la Ley Orgánica de Telecomunicaciones. Asimismo, se destina esta porción del espectro radioeléctrico para uso gubernamental.

De conformidad con la Recomendación de la Unión Internacional de Telecomunicaciones N° UIT-R 383-6, la porción del espectro radioeléctrico comprendida entre 5915,5 a 6425 MHz, es utilizada para la operación de sistemas microondas punto a punto.

**V27:** De conformidad con la Recomendación de la Unión Internacional de Telecomunicaciones N° UIT-R 384-7, las bandas de frecuencias comprendidas entre 6425 MHz a 7110 MHz, son utilizadas para la operación de sistemas microondas punto a punto.

**V28:** De conformidad con la Recomendación de la Unión Internacional de Telecomunicaciones N° UIT-R 385-6, la porción del espectro radioeléctrico comprendida entre 7124,5 a 7425,5 MHz, es utilizada para la operación de sistemas microondas punto a punto.

**V29:** De conformidad con la Recomendación de la Unión Internacional de Telecomunicaciones N° UIT-R 385-6, la banda de frecuencias comprendida entre 7425,5 a 7725 MHz es utilizada para la operación de sistemas microondas punto a punto.

**V30:** De conformidad con la Recomendación de la Unión Internacional de Telecomunicaciones N° UIT-R 386-6, las bandas de frecuencias comprendidas entre 7725 a 8275 MHz son utilizadas para la operación de sistemas microondas punto a punto.

**V31:** De conformidad con la Recomendación de la Unión Internacional de Telecomunicaciones N° UIT-R 386-6, la banda de frecuencias comprendida entre 8275 a 8500 MHz es utilizada para la operación de sistemas microondas punto a punto.

**V32:** Las porciones del espectro radioeléctrico comprendidas entre 10,15-10,30 GHz y 10,50-10,65 GHz están atribuidas al servicio fijo, para la operación de sistemas punto a multipunto.

Las porciones del espectro radioeléctrico comprendidas entre 10,24–10,27 GHz y 10,59–10,62 GHz, están destinadas exclusivamente para uso gubernamental.

Las porciones del espectro radioeléctrico comprendidas entre 10,27–10,30 GHz y 10,62–10,65 GHz están atribuidas a los atributos de transporte, acceso a redes de datos y servicio de internet, para el cumplimiento de las obligaciones de servicio universal previstas en la Ley Orgánica de Telecomunicaciones.

**V33:** De conformidad con la Recomendación de la Unión Internacional de Telecomunicaciones N° UIT-R 387-8, la porción del espectro radioeléctrico comprendida

**Capítulo IV**  
**Porciones del Espectro Radioeléctrico**  
**Susceptibles de Asignación en Concesión de Uso y Explotación**

**Artículo 11.** *Porciones del espectro radioeléctrico susceptibles de asignación en concesión de uso y explotación.*

Las porciones del espectro radioeléctrico susceptibles de asignación en concesión de uso y explotación, de conformidad con lo dispuesto en el numeral 1 del artículo 107 de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, son las siguientes:

| <b>Porciones</b>      |
|-----------------------|
| Por debajo de 230 MHz |
| 235-240 MHz           |
| 335-399,9 MHz         |
| 410-440 MHz           |
| 450-824 MHz           |
| 851-869 MHz           |
| 896-908 MHz           |
| 915-953 MHz           |
| 1710-1730 MHz         |
| 1805-1825 MHz         |
| 1885-1980 MHz         |
| 2110-2170 MHz         |
| 2200-2483,5 MHz       |
| 2,5-2,690 GHz         |
| 2,7-2,9 GHz           |
| 3,4-3,425 GHz         |
| 3,475-3,525 GHz       |
| 3,575-3,6 GHz         |
| 3,7-4,2 GHz           |
| 4,4-5,0 GHz           |
| 5,725-5,850 GHz       |
| 5,915-7,11 GHz        |
| 7,1245-8,500 GHz      |
| 10,15-10,30 GHz       |
| 10,50-10,65 GHz       |
| 10,695-12,2 GHz       |
| 12,75-13,25 GHz       |
| 13,75-15,35 GHz       |
| 17,7-18,8 GHz         |
| 19,3-20,2 GHz         |
| 21,2-23,6 GHz         |
| 24,1775-24,2225 GHz   |
| 24,550-25,050 GHz     |
| 25,558-26,058         |
| 27,650-28,350 GHz     |
| 29,5-30 GHz           |
| 38,7-39,3 GHz         |
| 39,4-40 GHz           |

Adicionalmente, serán susceptibles de asignación en concesión de uso y explotación todas aquellas porciones del espectro radioeléctrico que, no obstante no aparecer identificadas en el cuadro que antecede, hayan sido válidamente asignadas al momento de la entrada en vigencia del presente Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias (CUNABAF).

### **Disposición Final**

*Única.*

El presente Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias (CUNABAF) entrará en vigencia a partir de su publicación en la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela.

### **Disposición Derogatoria**

*Única.*

Se deroga la Resolución N° 44 de fecha 22 de junio de 2001, mediante la cual se dictó el Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias (CUNABAF), publicada en la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 5.540-A Extraordinario de fecha 4 de julio de 2001.

***Comuníquese y publíquese,***

**ALVIN LEZAMA PEREIRA**

**Director General**

Según Decreto N° 2.493 del 4 de julio de 2003  
Gaceta Oficial N° 37.725 del 4 de julio de 2003

**ANEXO “F”**

**BORRADOR DEL CONVENIO  
INE-CUERPO DE BOMBEROS DMC**



---

**CONVENIO MARCO DE COOPERACIÓN ENTRE EL INSTITUTO NACIONAL  
DE ESTADÍSTICA (INE) Y EL CUERPO DE BOMBEROS METROPOLITANOS  
DE CARACAS**

Entre, el **Instituto Nacional de Estadística (INE)**, instituto autónomo adscrito al Ministerio de Planificación y Desarrollo, creado según Decreto Ley No. 1.279 del 18 de abril de 2001, publicado en la Gaceta Oficial No. 37.202 del 22 de mayo de 2001, posteriormente reformado y publicada dicha reforma en la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela No. 37.321 del 09 de Noviembre de 2001, representado en este acto por el ciudadano **ELIAS RAFAEL ELJURI ABRAHAM**, venezolano, mayor de edad, titular de la Cédula de Identidad No. 742.990, en su carácter de Presidente del Instituto, según consta en Decreto Presidencial No. 2.448 de fecha 10 de junio de 2003, publicado en Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela No. 37.724 de fecha 03 de julio de 2003, quien a los efectos de este Convenio se denominará el “**INE**”, por una parte, y por la otra, el **CUERPO DE BOMBEROS METROPOLITANOS DE CARACAS** asociación civil creada por Decreto Presidencial publicado en la Gaceta Oficial de Venezuela protocolizado su documento constitutivo estatutario por ante la Oficina..... representada en este acto por el, (**nombre del representante**) venezolano, mayor de edad, de este domicilio y titular de la Cédula de Identidad N° 11111, en su carácter de Comandante, según consta en la Resolución N° , de fecha de 200, emanada de la Alcaldía Mayor, publicada en la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° de fecha de 200 y facultado por el Artículo de los Estatutos de la Asociación, se ha convenido en celebrar el presente Convenio de Cooperación Tecnológica y Estadística, el cual se regirá por las siguientes cláusulas:

---



## OBJETO DEL CONVENIO

**CLÁUSULA PRIMERA:** El presente Convenio Marco de Cooperación tiene como objeto fundamental establecer una alianza estratégica entre el “**INE**” y el “**CUERPO DE BOMBEROS METROPOLITANOS DE CARACAS**”, que permita asegurar la viabilidad del desarrollo, fortalecimiento y ejecución de propuestas conjuntas a través de la mutua colaboración técnica, infraestructura tecnológica, comunicaciones y humana, en las áreas de Diseño y Control de Calidad Estadístico, Estadísticas Demográficas, Estadísticas Sociales y Ambientales, Estadísticas Económicas, Normalización, Divulgación, Tecnologías de Información y Comunicaciones, como otras áreas en el ámbito de competencia y de intereses para las partes.

**CLÁUSULA SEGUNDA:** El “**CUERPO DE BOMBEROS METROPOLITANOS DE CARACAS**” y el “**INE**” en ejecución del objeto del presente Convenio Marco de Cooperación Interinstitucional, procurarán lo siguiente:

1. Planificar, programar y coordinar la logística para la ejecución de las acciones, programas y/o proyectos a desarrollar de acuerdo a las necesidades del área tecnológica y los requerimientos de ambas instituciones.
  2. Cooperar con el intercambio de personal técnico-profesional para trabajar en la formulación, elaboración, ejecución de programas y proyectos de interés nacional o institucional.
- 
3. Adelantar acciones necesarias para intercambiar información y asistencia técnica-metodológica en áreas relacionadas con los proyectos que adelanta actualmente los sectores objeto de este Convenio.
  4. Impulsar el desarrollo y utilización de estadísticas y tecnologías para el fortalecimiento y mejora de la Gestión Pública.



5. Cooperar con la formación y capacitación del personal que sea designado a cumplir determinada tarea o actividad en los programas o proyectos específicos, que requieran de una especial capacitación a nivel técnico.
6. Realizar la supervisión técnica y las actividades de control y seguimiento del desarrollo de las acciones, programas y/o proyectos que se prevean en los Convenios Específicos.
7. Prestarse apoyo mutuo en infraestructura tecnológica y equipos.
8. Cualquier otra que se enmarque dentro de los objetivos perseguidos en el presente Convenio.

#### **OBLIGACIONES DE LAS PARTES**

1. Realizar actividades relacionadas con la creación de un sistema de información de apoyo para medir el impacto de la tecnología en las diferentes áreas socio-económicas de la República Bolivariana de Venezuela.
2. Coordinar el procesamiento de la información estadística.
3. Suministrar información para el procesamiento de la información estadística dentro del marco del secreto estadístico.
4. Suministrar lineamientos metodológicos y técnicos para la captura de información a nivel nacional.



5. Diseñar muestras con representatividad y elaborar formatos de captura, de acuerdo a los requerimientos de información del **“CUERPO DE BOMBEROS METROPOLITANOS DE CARACAS”**.
  6. Garantizar el cumplimiento de la Ley de la Función Pública de Estadística.
- 
7. Proveer los mecanismos de evaluación de cursos e instructores.

**CLÁUSULA DÉCIMA SEXTA:** Para todos los efectos de este convenio, sus consecuencias y derivados, las partes eligen como domicilio especial y excluyente a la ciudad de Caracas, a jurisdicción de cuyos tribunales declaran expresamente someterse. Asimismo, cualquier comunicación de las partes con relación a la ejecución del presente Convenio, será efectuada mediante notificación o correspondencia enviada y entregada con acuse de recibo en las siguientes direcciones:

- **CUERPO DE BOMBEROS METROPOLITANOS DE CARACAS:** Avenida Lecuna, Esquina del Rosario, Cuartel Central de Bomberos. teléfonos 0212- 542.01.55 fax 0212-542.21.11
- **INE:** Avenida Boyacá (Cota Mil), Edificio Fundación la Salle, Piso 4, Maripérez, Municipio Libertador, teléfonos 0212- 793.16.15/ 0212-782.48.12/ telefax 0212-782.22.43- Presidente - Elias Eljuri Abraham.



Se hacen tres (3) ejemplares de un mismo tenor y a un solo efecto, en la ciudad de Caracas, a los \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_) días del mes de \_\_\_\_\_ de Dos Mil Seis (2006).

**POR "CUERPO DE BOMBEROS"**

**POR "EL INE"**

**PERSONA QUE FIRMA POR CBMC**

**Coronel Francis de Morales  
Comandante General**

**Elías Eljuri Abraham**

**Presidente**

**ANEXO “G”**

**COSTO DE SERVICIOS DE COMUNICACIONES  
CALCULADOS A 5 AÑOS.**

## Costo de servicios de comunicaciones de datos calculados a 5 años

### Servicio de Banda Ancha de CANTV (ABA)

|                                      |                       |
|--------------------------------------|-----------------------|
| Costo Mensual por Estación:          | 453.606,00            |
| Costo Anual por Estación:            | 5.443.272,00          |
| Costo Anual 10 estaciones:           | 54.432.720,00         |
| Costo del Servicio a 5 años:         | 272.163.600,00        |
| Costo del Modem ABA C/Estación:      | 114.272,00            |
| Costo del Modem ABA x 10 Estaciones: | 1.142.720,00          |
| <b>Costo Total a 5 años:</b>         | <b>273.306.320,00</b> |

### Enlaces Digitales Dedicado

|                                       |                         |
|---------------------------------------|-------------------------|
| Costo Mensual por Estación:           | 6.680.000,00            |
| Costo Anual por Estación:             | 80.160.000,00           |
| Costo Anual 10 estaciones:            | 801.600.000,00          |
| Costo del Servicio a 5 años:          | 4.008.000.000,00        |
| Costo de instalación C/Estación:      | 420.000,00              |
| Costo de instalación x 10 Estaciones: | 4.200.000,00            |
| <b>Costo Total a 5 años:</b>          | <b>4.012.200.000,00</b> |

### Radio Enlace

|                                       |                         |
|---------------------------------------|-------------------------|
| Costo Mensual por Estación:           | 2.365.000,00            |
| Costo Anual por Estación:             | 28.380.000,00           |
| Costo Anual 10 estaciones:            | 283.800.000,00          |
| Costo del Servicio a 5 años:          | 1.419.000.000,00        |
| Costo de instalación C/Estación:      | 7.095.000,00            |
| Costo de instalación x 10 Estaciones: | 70.950.000,00           |
| <b>Costo Total a 5 años:</b>          | <b>1.489.950.000,00</b> |

### VSAT

|                                       |                         |
|---------------------------------------|-------------------------|
| Costo Mensual por Estación:           | 9.675.000,00            |
| Costo Anual por Estación:             | 116.100.000,00          |
| Costo Anual 10 estaciones:            | 1.161.000.000,00        |
| Costo del Servicio a 5 años:          | 5.805.000.000,00        |
| Costo de instalación C/Estación:      | 2.687.500,00            |
| Costo de instalación x 10 Estaciones: | 26.875.000,00           |
| <b>Costo Total a 5 años:</b>          | <b>5.831.875.000,00</b> |

### Frame Relay

|                                       |                       |
|---------------------------------------|-----------------------|
| Costo Mensual por Estación:           | 1.550.175,42          |
| Costo Anual por Estación:             | 18.602.105,04         |
| Costo Anual 10 estaciones:            | 186.021.050,40        |
| Costo del Servicio a 5 años:          | 930.105.252,00        |
| Costo de instalación C/Estación:      | 480.000,00            |
| Costo de instalación x 10 Estaciones: | 4.800.000,00          |
| Costo de Acceso C/Estación:           | 891.840,01            |
| Costo de Acceso x 10 Estaciones:      | 8.918.400,08          |
| <b>Costo Total a 5 años:</b>          | <b>943.823.652,08</b> |

### WIMAN

#### Costo de Equipos y Sistema de Gestión

| Cantidad | Descripción                            | Precio unitario | Precio Total          |
|----------|--|-----------------|-----------------------|
| 2        | Estaciones Bases BreezeAcces VL        | 65.416.779,00   | 130.833.558,00        |
| 10       | Estaciones Suscriptoras BreezeAcces VL | 6.024.764,00    | 60.247.640,00         |
| 1        | Sistema de Gestión Alvaristar          | 54.256.728,00   | 54.256.728,00         |
|          | <b>Total del costo de los Equipos:</b> |                 | <b>245.337.926,00</b> |

#### Costo de Instalación y Servicios

|    |  |               |                      |
|----|--|---------------|----------------------|
| 2  | Instalación de Estación Base                       | 5.220.919,00  | 10.441.838,00        |
| 10 | Instalación de Estación Suscriptora                | 1.094.709,00  | 10.947.090,00        |
| 1  | Site Survey  | 1.178.917,00  | 1.178.917,00         |
| 1  | Ger de Proy e Ing de detalle y Docum.              | 36.973.250,00 | 36.973.250,00        |
| 1  | Entrenamiento del Sistema (5 Pers)                 | 7.410.334,00  | 7.410.334,00         |
|    | <b>Total del costo de Instalación y servicios:</b> |               | <b>66.951.429,00</b> |

**Costo total de Equipos, Sist. De gestión, Instalac y Serv: 312.289.355,00**



**ANEXO “H”**

**TABLA DE LAS CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS EQUIPOS**

## Tabla comparativa de productos BreezeACCESS VL vs Canopy

| BreezeACCESS VL - OFDM                           |   | Motorola Canopy  |  |
|--|---|--|--|
| <b>RadioBase:</b>                                |   |  |  |
| Capacidad por sector:                            | 54 Mbps   | 10 Mbps  |  |
| Capacidad Neta por Sector                        | 32.0 Mbps   | 3.3 Mbps   |  |
| Capacidad: Paquetes por Segundo por Sector       | 4,200 pps   | 650 pps  |  |
| Potencia de transmisión (al conector RF):        | 160 mW (22 dBm). Cumple con regulación nacional de CONATEL  | 50 mW (17 dBm) máximo permitido por FCC en aplicaciones P-M-P  |  |
| Potencia de transmisión ajustable por ATPC?      | Si. -17dBm hasta 22 dBm   | No   |  |
| Canal de transmisión                             | 10 MHz o 20 MHz (ajustable por software)  | 20 MHz   |  |
| Portadora  | OFDM  | Canal Único (Single Carrier)   |  |
| Resistencia de interferencia                     | Muy Alta: AU utiliza la portadora con mejor SNR gteado por un Analizador de Espectro interno  | Ninguna  |  |
| Antenas disponibles                              | 30°, 45°, 60°, 90°, 120°, 180° y 360°   | 60°  |  |
| Modulación                                       | BPSK, QPSK, 16QAM, y 64QAM  | BFSK   |  |
| Sensibilidad:                                    | -88 dbm   | -83 dbm  |  |
| Frecuencias Disponibles                          | 4.9 GHz, 5.2 GHz, 5.4 GHz, 5.8 GHz  | 900 MHz, 5.2 GHz, 5.3 GHz  |  |
| Radio Externo                                    | Caja impermeable de magnesio/aluminio que permite poner el radio al lado de la antena evitando pérdida por un cable RF.   | Caja de plástico con antena "patch" de 60° integrada.  |  |
| Protección contra descargas eléctricas:          | Supresor de rayos integrado en el producto.   | Supresor de rayos se compra y instala por separado.  |  |
| Cable hasta el radio                             | CAT5 blindado (double-jacket shielded)  | CAT5 con protección jira violeta (UV shielded)   |  |
| Energía eléctrica hasta el radio                 | Incluye "Power Injector" que permite correr fuerza y datos por un cable CAT5 sin el uso de un cable de potencia por separado.   | Incluye "Power Injector" que permite correr fuerza y datos por un cable CAT5 sin el uso de un cable de potencia por separado.                |  |
| Distancia máxima del cable sin pérdida de señal: | 90 metros   | 90 metros  |  |
| Sistema interior:                                | Chasis 3U de 19 pulgadas. 8 ranuras para tarjetas de radio y 7 ranuras para tarjetas de fuente. También disponible en toma "Stand-Alone" sin necesidad del chasis para BSE de bajo costo.                                     | Caja de potencia transformador que inserta potencia en el cable CAT5. Sectores independiente uno del otro.                                   |  |
| Redundancia:                                     | Redundancia N x 1 en el Chasis<br>Redundancia 1 + 1 en el fuente de poder   | No   |  |
| Fuente de poder:                                 | 2 Opciones: 110/220 VAC<br>-48 VDC  | 110/220 VAC  |  |
| Gestión Remota:                                  | Incluye gestión remota basada en SNMP para configuración. También soporta FTP y directorio por cable serial. Advanced system opcional. Carrier-Class F-CAPS sistema de gestión.   | Incluye gestión remota basada en HTML "Web Browser". SNMP se compra por separado (HP Openview, SNMPc, etc.) y utiliza los MIBs del producto. |  |
| Capacidad diagnóstica:                           | Analizador de tráfico RF. Analizador de espectro 5 GHz para detectar interferencia. Analizador de tráfico IP (Packet Sniffer) para diagnosticar problemas en el LAN cabeceo del remoto.                                       | Analizador de tráfico RF.  |  |
| Facturación                                      | Radius cliente permite facturar cada cliente por: Hora, bits, V-LAN, QoS, Voz, Video y Dirección IP (Requiere servidor Radius)  | No   |  |
| Encriptación:                                    | Encriptación 3-DES a 128 bit por Hardware<br>Encriptación AES a 128 bit por Hardware<br>Lista de dirección MAC autorizados  | Encriptación 3-DES a 128 bit por software (limita velocidad neta del radio).   |  |
| Funcionalidades Adicionales                      | AACS (Automatic Clear Channel selection) evita interferencia al cambiar de portador de frecuencia. ADL (Automatic Distance Learning). Resuelve el problema de radios cercanos con mejor conexión/servicio que radios lejanos. |  |  |

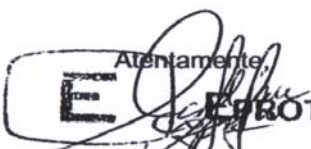
**ANEXO “I”**  
**PRESUPUESTOS**

PRESUPUESTO N° 10.212A

Rif: N° J00-121902-1

| ITEM   | CANTIDAD | N/P | DESCRIPCIÓN  | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL   |
|--|----------|-----|--|-----------------|----------------|
| <b>PROPUESTA EN LA BANDA DE 5.8 GHZ</b>          |          |     |  |                 |                |
| <b>BreezeAccess VL Base Station Equipment</b>    |          |     |  |                 |                |
| 1  | 1        |     | .- Un (1) Base Station 19" chassis. Accepts up to: 6 (six) AU-X-BS cards (BA II,V,VL).<br>.- Dos (2) Power Supply card for BS-SH-VL chassis. Required AC power supply<br>.- Tres (3) Base station Equipment, Complete AU system, Indoor Network Interface Card to be plugged in chassis+ Outdoor radio unit, , 5725-5.850GHz. Detached 60 degrees antenna and RF cable are included<br>.- Tres (3) Cables de 90 meter Indoor Unit to Outdoor Unit ruggedized baseband cable. Terminating connectors: RJ 45 | 65.416.779,00   | 65.416.779,00  |
| <b>BreezeAccess VL Subscriber Unit Equipment</b> |          |     |  |                 |                |
| 2  | 28       |     | .- Subscriber Unit, Indoor Network Interface Unit and Power supply, + Outdoor radio unit, Integrated Vertical antenna, IOC Cat5 20 Meter cable included, 5.725-5.850GHz, Full Data Bridge, 54Mbps data rate<br>.- 90 meter Indoor Unit to Outdoor Unit ruggedized baseband cable. Terminating connectors: RJ 45  | 6.024.764,00    | 168.693.392,00 |
| <b>SISTEMA DE GESTIÓN ALVARISTAR</b>             |          |     |  |                 |                |
| 3  | 1        |     | .- AlvariSTAR Infrastructure Platform<br>.- AlvariSTAR Device Driver for BreezeACCESS VL<br>.- License for 1 Base Station (Standalone or Chassis) Network Element AU<br>.- Tres (3) License for 10 CPE Network Elements<br>.- Performance collection engine, allows periodic data collection from network element including storage in the database for network analysis and diagnostic purposes   | 54.256.782,00   | 54.256.782,00  |

RECIBI EN CAROLINA NOVAES  
Instituto Nacional de Estadística

| ITEM  | CANTIDAD | N/P | DESCRIPCIÓN  | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL   |
|---|----------|-----|--|-----------------|--|
| <b>SERVICIOS</b>  |          |     |  |                 |  |
| 4   | 1        |     | .- Suministro e Instalacion de Poste de 5 mts de 4" con base de 8mm en helipuerto Torre Oeste Parque entral<br>.- Suministro e Instalacion de 20 mts de Tuberia Conduit de 3/4" y cuatro cajas de paso, entre Antenas y cuarto de Equipos Torre Oeste Parque central<br>.- Instalacion de Cableado entre antenas y cuarto de equipos<br>.- Instalación, Configuracion, pruebas y puesta en marcha de estacion base en Torre Oeste parque Central | 5.220.919,00    | 5.220.919,00   |
| 5   | 28       |     | Instalación de Unidades Suscriptoras en Area metropolitana(No Incluye material adicional)  | 1.094.709,00    | 30.651.852,00  |
| 6   | 1        |     | Gerencia de Proyectos  | 30.315.000,00   | 30.315.000,00  |
| 7   | 1        |     | Site Survey estacion Base y 28 Unidades Suscriptoras (Area metropolitana)  | 1.178.917,00    | 1.178.917,00   |
| 8   | 1        |     | Ingenieria de detalle y documentacion  | 6.568.250,00    | 6.568.250,00   |
| 9   | 1        |     | Entrenamiento a personal responsable del Sistema. Incluye: Training en Caracas para 5 personas. Curso del Equipos de Radio y de Sistema de Gestión. Duración 5 DIAS  | 7.410.334,00    | 7.410.334,00   |
| <b>TOTAL EQUIPOS Bs.</b><br><b>TOTAL OTROS SERVICIOS Bs.</b><br><b>TOTAL GENERAL Bs.</b><br><b>NO INCLUYE EL I.V.A.</b>   |          |     |  |                 | <b>288.366.953,00</b><br><b>81.345.272,00</b><br><b>369.712.225,00</b> |
| <br>Atentamente,<br><b>E</b> <b>EPROTEL, C. A.</b><br>Ing, Carolina Expósito<br>Sporte Pre-Venta |          |     |  |                 |  |



**RED ESP@CIO, C.A.**  
TE ACERCA A LA TECNOLOGIA



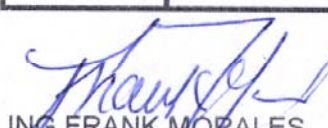
RIF J-31512667-2

Cotizacion:

1004

|                   |  |
|-------------------|--|
| <b>Cliente:</b>   | CUERPO DE BOMBEROS DE LA ALCALDIA DEL DTTO. METROPOLITANO DE CARACAS |
| <b>Cl. o RIF:</b> | G-20000168-2   |
| <b>Direc:</b>     | AV.LECUNA ESQ. EL ROSARIO- CARACAS                                   |
| <b>Fecha:</b>     | 19/06/2006   |
| <b>Telf:</b>      | 0212-5456031   |

| CANTIDAD | DESCRIPCION   | PVP/UNITARIO  | P. TOTAL       |
|----------|---|---------------|----------------|
| 26       | Unidad suscriptor Indoor Network Interface, fuente de poder unidad radio outdoor , integrado a la antena con orientación vertical.<br>IOC 20 metros de cable categ 5 incluido<br>Full data bridge 54 Mbps en banda 5,725-5,850 GHz.<br>90 metros de cable intemperie STP desde unidad outdoor hasta la unidad indoor con conectores RJ-45                   | 6.717.611,00  | 174.657.886,00 |
| 2        | Estación Base con chasis de 19", para 6 tarjetas AU-X-BS<br>2 fuentes de poder para tarjetas BS-SH-VL en chasis en AC<br>2 sistemas completos de estación base AU, interface de red indoor unidad de radio outdoor en la banda de 5,725-5,850 GHz, con rango de 90 grados.<br>el sistema incluye 2 cables de 90 metros intemperie STP, con conectores RJ-45 | 78.500.134,00 | 157.000.268,00 |
| 1        | Sistema de gestión ALVARISTAR<br>Incluye: Plataforma de infraestructura<br>Driver para equipos BreezeAcces VL<br>Licencia para una estación Base standalone AU.<br>tres licencias para antenas CPE  | 60.225.028,00 | 60.225.028,00  |
| 26       | Switch 3COM mod. 3C17300A<br>Supertack 3 4200 26 puertos  | 1.456.000,00  | 37.856.000,00  |
|          |   | SUT-TOTAL     | 429.739.182,00 |
|          |   | IVA 14%       | 60.163.485,48  |
|          |   | TOTAL:        | 489.902.667,48 |

  
ING FRANK MORALES  
DEPART DE VENTAS

**RED ESP@CIO, C.A.**

RIF J-31512667-2

NIT 0528395210