

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **ESTUDIO PARA EL ANÁLISIS E IMPLANTACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE BANDA ANCHA INALÁMBRICA EN LA RED DE LA CORPORACIÓN DIGITEL-TIM**

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela para optar al Título  
de Especialista en Telecomunicaciones Digitales  
Por el Ing. Arias L., Igor F.

Caracas, Abril 2006

## **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

### **ESTUDIO PARA EL ANÁLISIS E IMPLANTACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE BANDA ANCHA INALÁMBRICA EN LA RED DE LA CORPORACIÓN DIGITEL-TIM**

TUTOR ACADEMICO: Prof. Dr. Freddy Brito

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela para optar al Título  
de Especialista en Telecomunicaciones Digitales  
Por el Ing. Arias L., Igor F.

Caracas, Abril 2006

---

---

Arias, L Igor F.

**ESTUDIO PARA EL ANÁLISIS E IMPLANTACIÓN DE  
TECNOLOGÍAS DE BANDA ANCHA INALÁMBRICA EN LA RED DE  
LA CORPORACIÓN DIGITEL-TIM**

**Tutor Académico: Dr. Freddy Brito**  
**Escuela de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería U.C.V.**  
**Año 2006, 78 pag.**

Palabras Claves: Tecnología, WiMAX, Banda Ancha, Inalámbrico

**Resumen**

En virtud de los impresionantes y acelerados cambios que acontecen en el mercado venezolano, DIGITEL TIM, empresa operadora de telefonía móvil celular ha decidido incursionar en la exploración de plataformas de acceso inalámbrico que le permitan ofrecer servicios de conectividad a Internet fija.

El objetivo principal del presente trabajo es el estudio, selección y planificación de una plataforma tecnológica capaz de ofrecer a posibles interesados, acceso y conexión en banda ancha de manera inalámbrica y fija a Internet. Para el desarrollo de este trabajo, se consultó la teoría necesaria acerca de las nuevas tecnologías y tendencias tecnológicas presentes en la actualidad, luego se invitó a los principales proveedores para que mostraran sus soluciones al respecto. Obtenida las propuestas, se procedió a la evaluación técnica con su posterior evaluación económico-financiera, concluyendo entonces con una propuesta de arquitectura de red y la factibilidad económica correspondiente.

Este documento finaliza formalmente proponiendo los equipos e interfaces requeridos para la puesta en operación de una plataforma IP punto a multipunto y sugiriendo la pronta concepción y puesta al aire de una estación piloto responsabilidad del proveedor seleccionado para tal fin, que permita evaluar las bondades de la tecnología seleccionada.

---

---

## Tabla de Contenido

Resumen .....	iv
Tabla de Contenido.....	v
Índice de Figuras y Tablas.....	vii

### *CAPITULO I*

INTRODUCCIÓN.....	1
Antecedentes.....	2
Planteamiento del Problema .....	2
Alcance del Proyecto .....	3
Objetivos del Proyecto: .....	3

### *CAPITULO II*

#### *Marco Teórico*

2-1. Definiciones .....	5
2-1-1. Legales .....	5
2-1-2. Mercadotécnicas .....	6
2.1.3 Técnicas .....	7
2-1-4. Reseña de tecnologías complementarias.....	11

### *CAPITULO III*

#### *Estudio y Análisis de Soluciones para Banda Ancha Inalámbrica.*

3-1. Situación Actual de DIGITEL TIM .....	15
3-2. Ámbito Tecnológico y Estándares Relevantes.....	16

### *CAPITULO IV*

#### *Análisis para la selección de la Solución en Materia de Banda Ancha Inalámbrica.*

4-1. Ámbito Legal y Mercadotécnico.....	24
---	----

### *CAPITULO V*

#### *Solución Tecnológica*

5-2. Portafolio de servicios potenciales.....	43
5-3. Servicios de cara al cliente .....	44
5-4. Servicios de Red.....	45
5-5. Facturación/Tarificación .....	45

### *CAPITULO VI*

#### *Análisis Económico.*

6.1 Análisis Económico.....	47
-----------------------------	----

---

---

---

---

## *CAPITULO VII*

### *Tecnología Seleccionada.*

7.1 Tecnología Seleccionada .....	51
❖ Propuestas de Kyocera .....	52
❖ Propuesta de Eprotel .....	52
❖ Propuestas de Alcatel .....	53
❖ Propuesta de Ericsson .....	53
❖ Propuesta de Siemens .....	54
❖ Propuesta de ZTE .....	54
❖ Propuesta de Huawei .....	55
Resumen de Propuestas. ....	55
Cálculo de Cobertura Geográfica .....	60
Arquitectura y Equipos a Utilizar .....	60

## *CAPITULO IX*

9-1. CONTRIBUCIONES ADICIONALES .....	66
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	68
BIBLIOGRAFIA .....	69
LISTA DE ACRONIMOS .....	71
ANEXO A: Tabla Resumen del documento R.F.I. ....	73
ANEXO B: Equipos y Componentes de una red WiMAX .....	77

---

---

## Índice de Figuras y Tablas

Fig. 2.1: Tonos Ortogonales en OFDM	8
Fig. 2.2: Impacto del desvanecimiento selectivo operación Uni y Multi portadora	9
Fig. 2.3: Transmisión de paquetes en operación uní y multi portadora	9
Fig. 2.4: Representación Grafica de la Modulación Adaptativa	11
Fig. 2.5: Mercado potencial para la tecnología UWB	13
Fig. 3.1: Plataforma UMA	21
Fig. 4.1: Usuarios y crecimiento de Internet	24
Fig. 4.2: Usuarios de Internet	25
Fig. 4.3: Tecnologías de Acceso a Internet	25
Fig. 4.4: Concesión de la Banda WLL	32
Fig. 4.5: Consumo de los venezolanos en Venezuela	34
Fig. 4.6: Configuración de Red Acceso	37
Fig. 4.7: Consumo promedio	38
Fig. 5.1: Variables Globales	41
Fig. 5.2: Reinversión de Capital	41
Fig. 6.1: Porcentaje de Arpu total percibido	49
Fig. 6.2: Comparativa entre Ingresos y Clientes	50
Fig. 7.1: Arquitectura básica de un sistema WiMAX de AirSpan	60
Fig. 7.2: Arquitectura de la prueba Piloto	62
Fig. 7.3: Equipos para la puesta en operación de una prueba piloto	63
Tabla 4.1: Asignación de espectro (CUNABAF)	29
Tabla 6.1: Captación de clientes en un horizonte de 5 años	49
Tabla 6.2: Comparativa entre Ingresos y Clientes	50

**CAPITULO I  
INTRODUCCION**

## INTRODUCCION

El ámbito de las telecomunicaciones en la Venezuela de hoy esta viviendo tiempos de convergencia tecnológica. Las empresas prestadoras de servicios de telecomunicaciones requieren ofrecer cada vez mas y mas servicios de valor agregado a sus clientes para mantenerse competitivos en el tan cambiante mercado.

Una de las grandes tendencias en las telecomunicaciones de hoy apunta a la fusión en una sola plataforma de servicios de voz, datos y entretenimiento. Actualmente las operadoras pueden ofrecer esta convergencia a sus clientes a través de una sola infraestructura (de 3G) o a través de la coexistencia y/u operación en paralelo de 2 o mas infraestructuras (2,5G y 3ra, 2,5G y 4ta, o 2,5G y una de transporte de datos por ejemplo).

En el ámbito nacional de hoy, existen operadoras capaces de ofrecer de manera simultanea servicios de voz y acceso a Internet en banda ancha inalámbrica con una sola plataforma, ejemplo de ello es Movilnet que cuenta con una plataforma CDMA Ev-Do y cuyo producto comercializa con el nombre de ABA móvil. En el marco geográfico y corporativo donde se desenvolverá este documento, se estudiará la factibilidad de usar una u otra tecnología/estándar y además se planificará su implementación como plataforma paralela, que complemente y coexista con la actual plataforma GSM/ GPRS de DIGITEL TIM. En busca de ofrecer a clientes conectividad a Internet en banda ancha de manera fija e inalámbrica.

## **Antecedentes**

Para entender cabalmente el origen, desarrollo y consecución de este proyecto, se hace imperativo entender y modelar el escenario geo-económico en donde se encuentra inmersa la operadora DIGITEL TIM y aquellos factores fundamentales que motivaron y potenciaron la iniciativa que dio origen a este proyecto.

DIGITEL TIM es una empresa operadora y prestadora de servicios de telecomunicaciones basados en telefonía móvil celular. DIGITEL TIM en sus comienzos ofrecía únicamente servicios de telefonía celular, apoyada en su robusta red GSM. Con el pasar del tiempo, la operadora en cuestión se vio obligada (por evolución tecnológica propia o por evolución tecnológica de sus principales competidoras) a prestar servicios de datos de manera inalámbrica. Este servicio se prestó a través de una actualización en su plataforma GSM conocida como GPRS. La tasa de transferencia antes de la actualización era de 15Kbps y en GPRS era (es) todavía baja, alcanzando velocidades máximas de 90Kbps por conexión “*DownLink*”. Paralelo a ello, sus principales competidores ofrecían servicios similares a tasas de transmisión que oscilaban entre 9 y 13Kbps.

Con el pasar del tiempo, se hizo necesaria una actualización de la plataforma de telecomunicaciones de DIGITEL, con lo cual a través de tecnologías “2,5G” (EDGE) se le podía ofrecer a los clientes, velocidad de conexión inalámbrica de hasta 385Kbps. En la actualidad la tasa promedio en GPRS es de 90Kbps y EDGE de 384Kbps.

Al saber lo importante que es el acceso a Internet para el desarrollo de un país y sabiendo además que la tasa de penetración actual en cuanto a Internet se refiere es cerca del 12%, DIGITEL TIM ha decidido atacar este mercado.

Este mercado en la actualidad esta dividido en dos grandes porciones representativas. Mas adelante en el hilar de este texto se hará referencia y se analizará con cierto grado de profundidad este mercado. Pero por ahora, se puede adelantar, que se encuentran por un lado, aquellas personas naturales o jurídicas que poseen conexión en banda ancha, y por el otro aquellas personas naturales o jurídicas que se conectan vía conexión telefónica normal a 64Kbps (*dial up*).

El segmento mencionado con anterioridad, aquel que posee conexiones de banda ancha, esta siendo servido por operadoras como CANTV, Movilnet, MoviStar, InterCable y SuperCable entre otros.

DIGITEL desea atacar este mercado ofreciéndole a sus clientes conexiones confiables y robustas que permitan velocidades inalámbricas superiores a los 144Kbps. Esta velocidad estará sujeta al plan de conexión que manifieste el cliente.

## **Planteamiento del Problema**

De lo antes expuesto, se concluye que DIGITEL TIM esta interesada en analizar las principales tecnologías de acceso al medio capaces de ofrecer conexión a Internet en Banda Ancha de manera fija e inalámbrica y con ello las principales soluciones que se encuentran en

---

la actualidad, con miras a generar un plan estratégico para ofrecer servicios de banda ancha instalando primeramente una prueba piloto para medir y estudiar el desempeño que dicha solución podría arrojar y con ello extrapolar su funcionamiento y resultados a la prestación de servicio comercial.

### **Alcance del Proyecto**

El problema planteado sugiere un gran esfuerzo tanto técnico como económico y organizacional. La información contenida en este documento se centra básicamente en el estudio y análisis de una solución en materia de banda ancha fija inalámbrica, que permita modelar una plataforma de telecomunicaciones alterna a la actual red GSM de DIGITEL y que permita además el modelaje para la puesta en operación de una prueba piloto que evalúe las bondades de la referida plataforma. Los detalles de la implantación, ejecución y operación real de esta estación piloto, por razones obvias, no se contemplan en este documento.

### **Objetivos del Proyecto:**

Para atacar eficientemente el problema planteado al inicio, es necesario cumplir con los siguientes objetivos.

#### Objetivos Tácticos:

- Estudio y análisis de la situación actual de la red de DIGITEL TIM
- Estudio de la tendencia tecnológica de DIGITEL TIM
- Estudio y análisis de las diversas soluciones en materia de Banda Ancha Inalámbrica que se ajusten a las necesidades y realidades de DIGITEL TIM

#### Objetivos Estratégicos:

- Selección de la solución que más se ajuste a las realidades y necesidades de DIGITEL TIM así como también al mercado que desea explotar en materia de Banda Ancha Fija Inalámbrica.
  - El estudio se basará en idoneidad:
    - Tecnológica
    - Económica
    - Operacional
    - Implementación
    - Legal / Regulatorio
- Estudio y Planificación para implementación de la solución escogida en zonas Urbanas, Sub-Urbanas y Rurales.
- Elaboración de un RFI y RFP de la solución escogida.

CAPITULO II  
Marco Teórico

---

## CAPITULO II

### Marco Teórico

En este capítulo se exponen conceptos legales, técnicos y de mercadotecnia que contribuyeron a generar una visión panorámica, y que permitieron además impulsar la selección de la tecnología óptima a los objetivos perseguidos por DIGITEL. En este capítulo se estudian también con cierto grado de profundidad las tecnologías de acceso al medio más relevantes en cuanto a banda ancha fija inalámbrica se refiere.

#### 2-1. Definiciones

##### 2-1-1. Legales

**Espectro Radio Eléctrico:** Según el artículo No 4 de la Ley Orgánica de las Telecomunicaciones (LOTEL, (2000)) "...Se define el espectro radioeléctrico como el conjunto de ondas electromagnéticas cuya frecuencia se fija convencionalmente por debajo de tres mil gigahertz (3000 GHZ) y que se propagan por el espacio sin guía artificial..."

**Telecomunicaciones:** Según el referido artículo No 4 de la LOTEL, (2000), Telecomunicaciones es "...Toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, escritos, imágenes, sonidos o informaciones de cualquier naturaleza, por hilo, radioelectricidad, medios ópticos u otros medios electromagnéticos afines inventados o por inventarse..."

**Bandas de frecuencias:** Según el mismo artículo No 4 de la LOTEL, (2000) "...Las bandas de frecuencia constituyen el agrupamiento o conjunto de ondas radioeléctricas con límite superior e inferior definidos convencionalmente. Estas a su vez podrán estar divididas en subbandas... ..El espectro radioeléctrico se divide en bandas de frecuencias, que se designan por números enteros, en orden creciente..."

**Comisión Nacional de Telecomunicaciones, CONATEL:** Ente regulador de las telecomunicaciones de Venezuela, cuyo fundamento jurídico es el siguiente:

"La Constitución de la República Bolivariana de Venezuela ha otorgado al Poder Público Nacional la competencia sobre "El régimen del servicio de correo y de las telecomunicaciones, así como el régimen y la administración del espectro electromagnético". En su desarrollo, la reciente Ley Orgánica de Telecomunicaciones (LOTEL), promulgada el 12 de junio de 2000 (publicada en Gaceta Oficial N° 36.970 de la misma fecha) ha desarrollado el precepto constitucional citado estableciendo un marco general que permite la regulación del sector de las telecomunicaciones.

Al efecto, el mencionado instrumento legal ha otorgado las competencias estatales para la regulación del sector a la Comisión Nacional de Telecomunicaciones. La Comisión, inicialmente fue creada mediante el Decreto N° 1.826 del 5 de septiembre de 1991 (Gaceta Oficial N° 34.801 de fecha 18 de septiembre del mismo año); atribuyéndosele el carácter de servicio autónomo sin personalidad jurídica, y la jerarquía de una Dirección General del Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

---

La referida ley convirtió a la Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) en un instituto autónomo, y la dotó de personalidad jurídica, patrimonio propio e independiente del Fisco Nacional y autonomía técnica, financiera, organizativa, normativa y administrativa, La Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) está adscrita administrativamente al Ministerio de Infraestructura y, de manera general, tiene competencias para la regulación, planificación, promoción, desarrollo y protección de las telecomunicaciones en todo el territorio nacional.”

**Habilitación:** Permiso otorgado a un incúmbente para la prestación de servicios de telecomunicaciones

**Concesión:** Derecho otorgado por CONATEL a un incúmbente sobre una banda o bandas de frecuencias del referido espectro radioeléctrico para su uso y explotación. CONATEL otorga este derecho a manera de concesión ya que el espectro radioeléctrico es un bien de dominio público y es administrado por parte del estado representado bajo la figura de CONATEL. Por otro lado CONATEL puede otorgar o no este derecho previo estudio y de otorgarlo, esta en libertad de revocarlo cuando lo considere pertinente.

### 2-1-2. Mercadotécnicas

**Mercadeo:** Es conocido y entendido normalmente como el proceso mediante el cual las personas vendedoras promocionan y publicitan sus productos con miras a captar la mayor cantidad de compradores posibles. Para el máximo provecho y entendimiento de la investigación mostrada se hace estrictamente necesario definir el mercadeo tal y como afirma Kotler, Cámara, Grande y Cruz, (2000), que es “Un proceso social mediante el que grupos e individuos logran lo que necesitan y desean mediante la creación , oferta, y libre intercambio de productos y servicios que otros valoran.”

**Segmento de mercado:** El segmento de mercado permite diferenciar y discriminar el mercado total en porciones más pequeñas que por lo general comparten las mismas necesidades o presentan similitudes en ciertas características. Kotler, Cámara, Grande y Cruz, (2000), se refieren a segmento de mercado como: “Un grupo amplio e identificable dentro de un determinado mercado que se caracteriza por tener en común los mismos deseos, poder adquisitivo, localización geográfica, o actitud y hábitos frente a la compra.”

**Nicho:** Cuando no se quiere atacar a un grupo o publico objetivo tan grande como un segmento, por lo general se habla de atacar un nicho que es un grupo de personas de dimensiones mas reducidas que están desatendidas y cuentan con necesidades particulares y que Kotler, Cámara, Grande y Cruz, (2000), define como: “Grupo delimitado con mayor restricción; generalmente, un mercado de reducidas dimensiones que no esta bien atendido”.

**Producto:** Fundamentalmente se habla de producto como un elemento tangible y elaborado que satisface una necesidad o un gusto y que las personas intercambian por dinero, pero para los efectos perseguidos en esta investigación asumiremos el producto tal y como lo define Kotler, Cámara, Grande y Cruz, (2000), “Un producto es cualquier oferta que puede satisfacer una necesidad o deseo”

**Datos Primarios:** El proceso de investigación de mercado se nutre de la recolección de información que permita obtener una conclusión certera de lo que se está investigando, Kotler, Cámara, Grande y Cruz, (2000), afirma que los datos primarios “Se integran por la información original recogida con un propósito específico”.

**Datos Secundarios:** En ese mismo orden de ideas Kotler, Cámara, Grande y Cruz, (2000), afirma que los datos secundarios “Están constituidos por toda la información existente que se haya recogido con otro propósito”.

### 2.1.3 Técnicas

**“WIRELESS METRO AREA NETWORK” (WMAN):** O redes inalámbricas de área metropolitana, como lo afirma Quinn, Mehta y Sicher, (2005) es una red de comunicaciones de acceso inalámbrico que cubre áreas geográficas extensas tales como ciudades o zonas rurales.

**IEEE 802.16:** Bajo este número se conoce el estándar para banda ancha inalámbrica. Quinn, Mehta y Sicher, (2005) Afirma que la IEEE estandarizó bajo el número “802.16” a un conjunto de tecnologías de acceso a última milla que operan tanto en bandas de frecuencias no licenciadas, como en banda de frecuencias licenciadas y Tanenbaum, (2003) complementa diciendo que “Se le pidió a IEEE que formara un comité compuesto de personas de compañías clave y de academia para redactar el estándar”.

**IEEE 802.16-2004:** Es una versión del estándar IEEE 802.16, que puntualiza operación en bandas de frecuencias inferiores a los 11GHz, incorpora el uso de multiplexación OFDM de 256 portadoras y OFDMA, lo que permite planificación sin línea de vista o N.L.O.S. en un rango de 4,5 a 7,5Km, o una planificación con línea de vista o L.O.S. en un rango de 45Km. El estándar puntualiza además la operación en canales de ancho de banda variable desde 1.25MHz hasta 20MHz, pudiendo obtenerse velocidades por estaciones base de hasta 75Mbps por canal de 20MHz. (Marcano, 2005)

**“WorldWide Interoperability for Microwave Access”:** o WiMAX como se le conoce en el mundo de las telecomunicaciones, es el nombre adoptado para las tecnologías de banda ancha inalámbrica sustentadas bajo el estándar IEEE 802.16, pero tal y como lo afirman Grenier y Roger-Machart, (2004) WiMAX pasó a ser sinónimo del estándar de interfaz de aire 802.16, Grenier y Roger-Machart, (2004) afirman también que este estándar fue diseñado como la tecnología de última milla inalámbrica para soportar tanto a clientes corporativos como residenciales.

**“Internet Service Provider” (I.S.P.)** Como lo afirma Tanenbaum, (2003) son “Compañías que ofrecen a los usuarios individuales domésticos la capacidad de llamar de una de sus máquinas y conectarse a Internet”

**Duplexación:** INTEL (2005), se refiere a la duplexación como “El proceso de crear un canal bi-direccional para la transmisión de la información”. La duplexación puede ser FDD o TDD

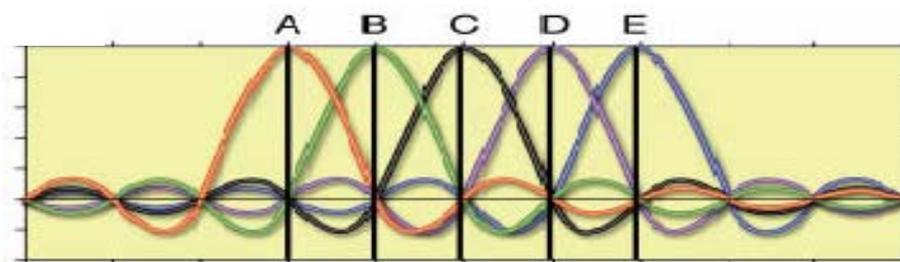
---

**FDD (*Frequency División Duplex*):** Según INTEL (2005), “En FDD se requiere un par de canales separados en frecuencia para minimizar las interferencias. Los dos canales requeridos, son uno para la transmisión y otro para la recepción”.

**TDD (*Time división Duplex*):** Según INTEL (2005), “Un solo canal es utilizado para la transferencia de información bidireccional. El sistema TDD opera transmitiendo primero en una dirección (de carga o descarga). Luego, después de un intervalo de tiempo de guarda, el sistema transmite en la otra dirección”.

La combinación TDMA y TDD genera un incremento sustancial en la eficiencia de la red.

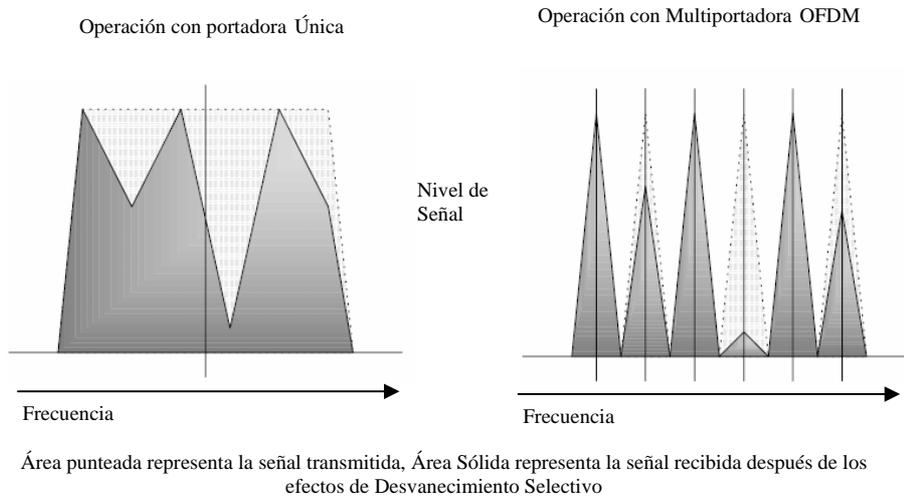
**OFDM u “*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*”** como lo explica Marcano, (2005) es una tecnología de Multiplexación que se basa en la modulación de la información con portadoras que desde el punto de vista matemático son ortogonales.



Fuente: Laroia (2005)

Fig. 2.1  
Tonos ortogonales en OFDM

OFDM es similar a FDM pero mucho más eficiente desde el punto de vista espectral, ya que el espaciamiento entre los sub canales es menor. Estando mas cerca estas sub portadoras, a veces tienden a solaparse. Esto se puede lograr sin que se interfieran, únicamente consiguiendo frecuencias portadoras ortogonales o lo que es lo mismo que sean perpendiculares en el mundo matemático lo cual las hace independientes entre ellas.



Fuente: WiMAX Forum, 2005

Fig. 2.2  
Impacto del desvanecimiento selectivo en operación Uni y Multi portadora

Como se observa en la Fig. 2.2, el ancho de banda disponible, es sub dividido y cada sub portadora, se encarga de transmitir información independiente, es decir la transmisión de datos es de manera paralela.

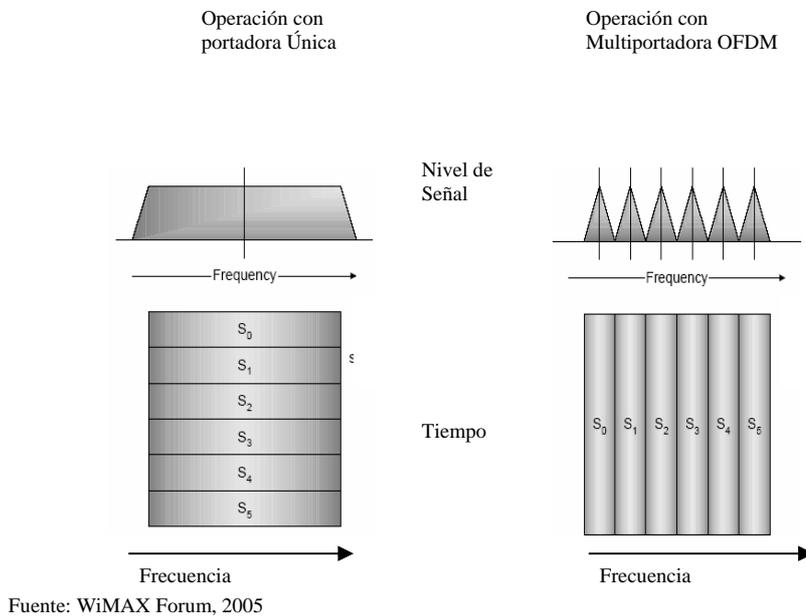


Fig. 2.3  
Transmisión de paquetes en operación uní y multi portadora

En la forma más básica, cada una de estas portadoras con su ausencia o presencia puede representar un bit (0 o 1). En resumen, éste método consiste en dividir una señal de

---

información de alta velocidad en múltiples sub-señales de información de menor velocidad y transmitir las en paralelo utilizando para ello frecuencias portadoras ortogonales, dentro del ancho de banda asignado para la transmisión de la información.

Las principales ventajas de OFDM son:

- Alta eficiencia espectral (la ortogonalidad de las portadoras permite que parte de una portadora solape a parte de la adyacente sin que exista interferencia).
- Rechazo a interferencia en señales RF (no todas las portadoras son afectadas por la interferencia de RF)
- Menor distorsión por multitrayectoria (puesto que las sub-señales se transmiten a menor velocidad, la duración del símbolo es mayor y no le afecta al receptor el retardo tanto como a los sistemas de portadora única)

La ortogonalidad en OFDM se debe a la relación precisa que existe entre las sub-portadoras que forman un símbolo OFDM. Cada sub-portadora contiene exactamente un número entero de ciclos en un intervalo de tiempo dado T.

Para complementar un poco más la explicación dada al respecto, se hace necesario comparar la operación OFDM con la operación CDMA para la misma frecuencia central y el mismo ancho de banda.

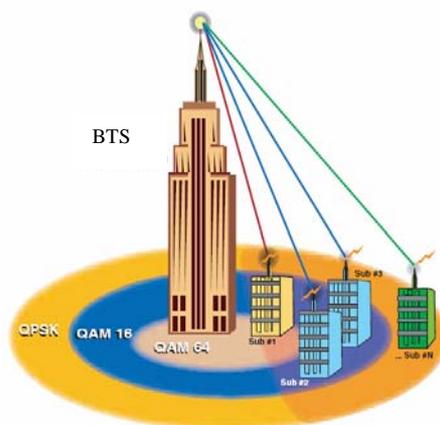
La Fig. 2.3 muestra el impacto que el desvanecimiento selectivo tiene tanto en la operación uní portadora (de CDMA por ejemplo) como en operación multi portadora de OFDM. Advierta usted que en la operación uní portadora, el desvanecimiento afecta a toda la señal, degradando su calidad y afectando la transmisión serial de la información. Por otro lado, en la operación multi portadora, si el desvanecimiento afecta, este puede afectar significativamente a una o varias portadoras, pero de todos los bits enviados o recibidos solo los afectados no llegarán. Es importante recordar que en operación uní portadora la información se paquetiza y se transmite de manera serial, es decir paquete a paquete. Mientras que en operación multi portadora, cada una de estas portadoras transmite de manera independiente los paquetes. En estas condiciones, se observa claramente que OFDM transmite en paralelo, mientras que CDMA basada en portadora única, transmite vía serial, es por ello que OFDM además de ser más robusta frente al desvanecimiento es mucho más rápida.

**Modulación Adaptativa:** Según INTEL (2004) la modulación adaptativa “Se refiere a que ciertos sistemas de telecomunicaciones pueden cambiar sus esquemas de modulación dependiendo de las condiciones del medio de transmisión”. Intel (2004) asegura que “Un esquema de modulación mayor requiere mejores condiciones del canal”.

A los efectos que persigue este documento, es necesario introducir el concepto de Modulación Adaptativa ya que varias de las tecnologías estudiadas cuentan con esta mejora. Esta herramienta se utiliza con la finalidad de ofrecer la misma calidad en el tráfico de la información sin importar la calidad del canal de radiocomunicaciones. Si el canal tiene buenas prestaciones y se considera de alta calidad, se puede utilizar tal como indica la fig 2.4, un

---

esquema de modulación de alto nivel, mas complejo y que permita mayores velocidades, mientras que si el canal presenta condiciones desfavorables para la transmisión a grandes velocidades, se cambia a un esquema de modulación mas robusto, consiguiendo con esto menores velocidades y lo mas importante, una confiabilidad en los datos igual que en el caso anterior donde el esquema de modulación permitía una mayor transferencia de información. El sistema puede asignar a un canal de comunicaciones modulaciones BPSK, QPSK 16QAM o 64QAM dependiendo de su necesidad.



Fuente: Intel, 2004

Fig.2.4

Representación Grafica de la Modulación Adaptativa

#### 2-1-4. Reseña de tecnologías complementarias

**IEEE 802.11:** Como lo afirma D-Link (2005), “IEEE 802.11 Es un estándar para redes LAN inalámbricas definido por la organización IEEE”, D-Link afirma además que “Este define la conexión de dispositivos inalámbricos (Access Point y Tarjetas de Red) para implementar redes LAN.

**WiFi (*Wireless Fidelity*).** Como lo afirma D-Link (2005), “Es un estándar que fue creado con el fin de garantizar la interoperabilidad de dispositivos y equipos IEEE 802.11 de distintos fabricantes”

En ambientes internos, el transmitir información de manera inalámbrica sin línea de vista, se hace muy complicado ya que existen muchos obstáculos como paredes, columnas, muros divisorios, puertas etc, que dificultan la transmisión/recepción, es por ello que el alcance confiable de una plataforma WiFi es limitado (Inferior a 100m).

Por otro lado, la versión WiFi, (IEEE 802.11b) es una evolución del WiFi (IEEE 802.11), el cual fue desarrollado para proporcionar conectividad multimedia inalámbrica a terminales portátiles, en ambientes de área local, llamados WLAN. La primera versión comercial de este estándar (IEEE 802.11b), utiliza la banda de 2.4 a 2.4835 GHz, conocida como *Industrial Científica y Médica (ISM)*. Las técnicas de transmisión de radio del WiFi 802.11b son de dos tipos:

- Spread Spectrum de Secuencia Directa (*DSSS*), conocido también como CDMA
- Spread Spectrum por Saltos en Frecuencia (*FHSS*).

Con la técnica CDMA se pueden lograr tasas de transmisión desde 1 hasta 11 Mbps, mientras que con *FHSS* se pueden lograr tasas de 1 a 2 Mbps.

Una desventaja de WiFi 802.11b con CDMA es que no se permite la transmisión simultánea de varios usuarios usando la misma frecuencia, por lo que el estándar prevé el uso de tres canales de frecuencias diferentes, de 22 MHz de ancho de banda cada uno.

Por otra parte, *FHSS* utiliza 79 canales de banda angosta, de 1 MHz de ancho de banda cada uno, los cuales se seleccionan de acuerdo a una secuencia pseudo-aleatoria, a una tasa de 1600 saltos por segundo. Una nueva versión del estándar permitirá el uso de canales de 5 MHz, con lo cual se podrá incrementar la tasa de transmisión hasta 10 Mbps.

En contraste, la banda de 5 GHz utilizada por WiFi (IEEE 802.11a) está a salvo de interferencia ocasionadas por otras tecnologías y tiene mas ancho de banda disponible, lo que permite trabajar hasta una velocidad de 54 Mbps, en incrementos de canales de 20 MHz de ancho de banda. El método de modulación utilizado por este estándar está basado en *Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales (OFDM)*. El estándar (IEEE 802.11a) define 8 canales en la banda de 5.15 a 5.35 GHz, y 4 en la banda de 5.725 a 5.825 GHz.

Para finalizar, es necesario recordar que WiFi, no fue diseñada para prestar servicio comercial de última milla en cuanto a Internet se refiere, es por ello que en este documento no se le hace un tratamiento y análisis exhaustivo. Para los fines que persigue esta investigación, WiFi puede ser descartada, no sin antes incluir un somero análisis (como el anteriormente expuesto) que permita explicar su base principal y su impacto en la selección de tecnologías que a continuación se presenta.

**ZigBee:** Es una tecnología de banda ancha inalámbrica centrada en la transmisión de datos de telemetría, su nicho principal es la industria, no la sociedad. Esta plataforma sirve para la transmisión de señales de equipos y maquinaria industrial. No necesita movilidad y transmite a velocidades de 250Kbps en la banda de 2,4Ghz (Craig, W, 2005)

Desventajas de ZigBee

- Fue diseñada con fines industriales
- No ataca mercados masivos en el área de Internet inalámbrico fijo
- No es para navegar en Internet
- No aplica para el estudio en cuestión

UWB: Es una tecnología que permite altas tasas de transmisión, cerca de 400Mbps, opera, en rangos pequeños de cobertura (10mts) y esta diseñada para la transferencia de datos entre dispositivos inalámbricos del hogar (redes PAM), licuadoras, equipos de sonido, DVD, mouse inalámbricos, monitores, neveras, lavadoras etc. Presenta gran capacidad de transmisión de

datos y poca movilidad, se modela como la evolución natural de la tecnología Bluetooth (INTEL, 2004)

#### Desventajas de UWB

- Fue diseñada para atender el mercado de redes PAM
- No ataca mercados masivos en el área de Internet inalámbrico
- No aplica para el estudio en cuestión.



Fuente: MBOA, 2004

Fig. 2.5  
Mercado potencial para la tecnología U.W.B.

**CAPITULO III**  
Estudio y Análisis de soluciones para banda ancha inalámbrica.

## CAPITULO III

### Estudio y Análisis de Soluciones para Banda Ancha Inalámbrica.

#### 3-1. Situación Actual de DIGITEL TIM.

Actualmente DIGITEL cuenta con una red de acceso sustentada en la plataforma GSM/GPRS y una poderosa red de transporte SDH. A la fecha de elaboración de esta investigación, DIGITEL está concretando grandes esfuerzos para desplegar en un 99% la actualización EDGE dentro de la plataforma GSM/GPRS instalada.

Es bien sabido que DIGITEL en la actualidad no tiene ni concesión ni habilitación para brindar servicio comercial en todo el país, solo en los 8 estados centrales, no obstante, para el referido territorio DIGITEL cuenta con un 80% de cobertura (tanto en las principales zonas urbanas como sub urbanas y carreteras), con la cual atiende efectivamente a un millón ochocientos mil suscriptores (1.800.000).

Para satisfacer las necesidades de tráfico y conectividad que requieren los actuales y venideros clientes que se encuentran dentro de este 80% de cobertura, se requiere una amplia y poderosa red de transporte, la cual se encuentra hoy por hoy desplegada a lo largo y ancho de la referida zona de concesión. Dicha red está conformada básicamente por anillos tanto PDH como SDH, y se disponen de capacidades de hasta 4 STM-1.

Desde el punto de vista operativo, DIGITEL cuenta con una planta profesional que labora fundamentalmente en tres centros estratégicos dentro de la zona de concesión. El primero y de menor jerarquía se encuentra ubicado en la ciudad de Maracay, el segundo en la ciudad de Valencia y finalmente la central principal está ubicada en la ciudad de Caracas.

**Evolución de la red GSM.** Contando con una madura plataforma GSM/GPRS, la cual mejora notablemente con la introducción de EDGE (Release 99), se espera en el mediano plazo migrar al “*GSM release 4*” el cual representa un cambio importante en la plataforma de acceso de DIGITEL. Por razones obvias no se indicarán en este documento ni fechas ni plazos de ejecución, pero la visión estratégica es como primer paso completar la cobertura y alcance EDGE, para luego, evolucionar a WCDMA (*GSM release 4*) y finalmente alcanzar el HSDPA (*GSM release 5*) como tercer paso en un horizonte previsible.

Lo mostrado en el párrafo anterior es la evolución natural del sistema GSM, siendo el objetivo final la obtención de una red capaz de transportar data paquetizada o totalmente IP.

### 3-2. **Ámbito Tecnológico y Estándares Relevantes**

**WiMax (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*):** Aprobado en enero de 2003 en el WiMax Forum por un grupo de 67 compañías, se sustenta sobre el estándar norteamericano IEEE 802.16 y el europeo ETSI HyperMan. Existen básicamente tres estándares Wimax de interés 802.16a, 16d y 16e, pero para los objetivos que persigue este documento, se analizarán el 802.16d y 802.16e.

**WiMax (IEEE 802.16d):** Ofrece, por estación base, transferencias de hasta 70 Mbps. Ofrece además, cobertura de hasta 50 Km a la redonda por estación base.

Desde el punto de vista técnico, podemos entender a WiMAX en cualquiera de sus versiones como una tecnología de acceso al medio que fue diseñada tomando las mejores prestaciones de WiFi, pero focalizada en atenuar al máximo sus principales debilidades (como por ejemplo cobertura geográfica).

WiMAX (IEEE 802.16d): Opera en bandas de frecuencias que van desde los 2Ghz a los 11Ghz, encontrándose comercialmente soluciones en las bandas 2,4, 3,5 y 5,8Ghz (La banda de 2,4 es no licenciada aquí en Venezuela, requiriéndose únicamente que los dispositivos estén homologados por CONATEL y en su operación comercial cumplan con los rangos de potencia de transmisión estipulados por este ente regulador).

Para la fecha de elaboración de esta investigación WiMAX opera básicamente en tres anchos de banda a saber: 5Mhz, 10Mhz y 20Mhz. Una de las principales bondades de WiMAX es que puede particionar este ancho de banda y puede ofrecer servicios de ancho de banda variable que oscilen entre 5 y 20Mhz. Por otro lado dicha tecnología permite tener velocidades de transmisión de hasta 10Mbps para la versión “a”, 70Mbps para la “d” y 13Mbps para la “e”. Paralelo a ello y para incrementar la confiabilidad de los datos transmitidos, se cuenta también con modulación adaptativa y control de potencia. Su tecnología de acceso al medio inalámbrico esta basada en OFDM, puede duplexar en TDD y FDD y multiplexar en TDMA dinámico. Además y por ultimo cuenta con protocolos de retransmisión de información (ARQ).

Una plataforma WiMAX operativa es capaz de ofrecer servicios complementarios a los que ofrece una red de telefonía móvil como la de DIGITEL. WiMAX cuenta además con una eficiencia espectral de aproximadamente 4,7 Bps/Hz para el esquema de modulación 64QAM.

En otro orden de ideas, a nivel mundial, esta tecnología cuenta con el apoyo de grandes corporaciones en el área de informática y por supuesto de las telecomunicaciones tales como: Intel, AT&T, Altitude Telecom., British Teleco., Brasil Telecom., ETB, Iberbanda, Millicom, Qwest, Sify, Speakeasy, Telkom, Telmex, TowerStream, UHT, Airspan, Alvarion, Aperto Network, Axxcelera BroadBand Wireless, Gemtek, Huawei, Proxim Corporation, Redline Communications, Siemens Mobile, Sr Telecom. Y ZTE. El contar con el apoyo de Intel, permite predecir que dentro de poco los procesadores Rosedale estarán en capacidad de conectarse a WiMax sin ninguna interfaz adicional.

---

El párrafo anterior describe las principales bondades de WiMax, pero como se dijo anteriormente, existen varias versiones dentro de las cuales, para los fines de este documento, analizamos 3, a saber:

**WiMAX (IEEE 802,16a):** Esta es la primera versión comercial de WiMAX, por ser la primera, su velocidad no es muy alta y su interoperabilidad no esta muy bien garantizada. A la fecha de concepción de este documento Eprotel comercializa una solución aquí en Venezuela, para acceso a Internet en banda ancha inalámbrica basada en WiMAX 802.16a cuyo fabricante es Alvarion. Este producto se comercializa con el nombre de “BREEZEMAX”. Mas adelante, en el transcurso de este documento y en el apartado titulado **Análisis de Soluciones**, profundizaremos un poco mas en los detalles de esta y otras soluciones.

**WiMAX (IEEE 802,16d (802,16-2004)):** Este es un estándar que ha sido ratificado y que busca sustituir al anterior IEEE 802,16a en rangos de frecuencias de 2 a 6Ghz, este estándar puntualiza los parámetros de la interfaz inalámbrica para acceso de banda ancha a nivel físico y de acceso al medio (MAC). Las principales diferencias que existen con la versión 802,16a, se relacionan con el consumo de potencia en los sistemas (consumiendo estos menor cantidad) y la velocidad de transmisión por usuario, que para el caso de 802.16-2004 pueden alcanzar niveles de hasta 70Mbps en transmisiones desde la estación base al suscriptor (*downlink*) y 700Kbps en la transmisión desde el suscriptor hasta la estación base (*uplink*).

En la actualidad, la empresa AirSpan ofrece su solución “As.Max” que se divide en MacroMax, HyperMax y MicroMax y que Ericsson comercializa aquí en Venezuela. Así mismo, RedLine comercializa una solución cuyo nombre es RedMax. Ambas (y otras mas que luego se analizan en detalle) se basan en esta versión de WiMax

La evolución de este estándar (IEEE 802.16d), es el IEEE 802.16e que ofrece todas las prestaciones del WiMAX convencional pero adicionalmente permite la movilidad entre celdas “*Handover*”, a expensas de una menor velocidad de transmisión (13Mbps).

**WiMAX (IEEE 802,16e):** Es la siguiente fase en la evolución del estándar, y en esta versión se ofrecen al cliente características de movilidad “*Handover*” a expensas de una reducción (con respecto a la versión anterior) de la velocidad de transmisión. Las principales características de esta versión son: Ofrece velocidades entre la estación base y el suscriptor (*DownLink*) de 13 a 2,8Mbps mientras que en el enlace desde el suscriptor a la estación base (*UpLink*) se ofrece por usuario desde 0,7 a 0,175Mbps. Sus celdas son capaces de brindar cobertura en un radio que oscila entre 30 y 50Km si existe línea de vista y de 4 a 9Km si entre el terminal y la estación base existen obstrucciones o no existe línea de vista. La solución As.Max de AirSpan también contempla operación en plataforma IEEE 802,16e.

De lo antes expuesto, podemos resumir WiMax dentro de sus principales ventajas y desventajas:

#### Ventajas de WiMax

- La industria amenaza con la introducción de teléfonos WiMAX
  - Cuenta con el respaldo de Intel, Siemens, Alvarion, NOKIA y otras grandes compañías.
-

- Desde la óptica de DIGITEL, esta tecnología puede atacar otro target que no necesariamente es el de telefonía móvil. Se atacaría el target de usuarios fijos de Internet que están insatisfechos o que tienen conexión telefónica tradicional (*dial up*) (CONATEL (2005) estima un mercado potencial de 1,4MM usuarios en esta condición)
- Utiliza OFDM, tecnología de acceso para 4ta generación
- Permite ofrecer servicios complementarios a los de telefonía móvil
- Tiene amplio rango de cobertura geográfica (30 a 50Km)
- Ofrece capacidad de gestión de 75 Mbps por estación base.
- Es una de las protagonistas de la pugna tecnológica mundial
- Por ser en OFDM el símbolo más largo, es más robusto frente a interferencias y desvanecimiento si se compara con el mismo símbolo en CDMA
- Tiene una eficiencia de 4,7 Bps/Hz para el esquema de modulación 64QAM
- Cuenta con modulación adaptativa: BPSK, QPSK 16QAM o 64QAM
- Configurable como soporte y/o transporte de Wifi
- Configurable como transporte de redes de acceso.
- Permite *HandOff* (Solo la versión 802,16e)
- WiMax cuenta con apoyo casi mundial
- Opera en banda no licenciada aquí en Venezuela.
- Permite planificación sin línea de vista o NLOS
- Operadores y empresas del ramo en todo el mundo tales como AT&T, Altitude Telecom., British Telecom., Brasil Telecom., ETB, Iberbanda, Millicom, Qwest, Sify, Speakeasy, Telkom, Telmex, TowerStream, UHT, Airspan, Alvarion, Aperto Network, Axxcelera BroadBand Wireless, Gemtek, Huawei, Proxim Corporation, Redline Communications, Siemens Mobile, Sr Telecom. y ZTE apoyan esta tecnología.
- Opera en TDD y FDD

#### Desventajas de WiMax

- Es una estructura nueva dentro de la red GSM de DIGITEL
- Le permitirá a DIGITEL ofrecer solo Internet fijo, por ahora, pero con potencialidad de ser móvil
- Existe la posibilidad de una alianza 3g para competir con WiMax
- Existen tecnologías más económicas y tecnologías más robustas que ofrecen las mismas prestaciones
- WiMax 802.16d no permite Hand Off
- Las redes ZigBee pueden causar interferencia si WiMax se planifica para trabajar en la banda no licenciada de 2,4Ghz
- Es necesario un estudio extenso de interferencias ya que de operar en banda libre, cualquier transmisión en esa banda puede interferir.
- Utiliza un AB de 20Mhz.
- Para la fecha de elaboración de esta investigación, la banda de operación licenciada para WiMAX es la de WLL o de 3,5GHz, y esta banda fue subastada en el pasado, quedando solo la sub banda D-D' la cual está reservada.

**iBurst:** Es una tecnología de acceso de alta velocidad que ofrece a los usuarios, velocidades promedio de 1 Mbps, la arquitectura de red de iBurst es la extensión natural para última milla de una red cableada normal. Tiene una eficiencia espectral de 6.7. Bps/Hz para el esquema de

modulación 64QAM. Requiere un ancho de banda por usuario de 5Mhz. En cuanto al tratamiento de los datos, cuenta con protocolos ARQ (de corrección de errores). Por otro lado su tecnología de acceso al medio esta basada en TDMA, FDMA y SDMA, complementada con TDD. Utiliza un arreglo de 12 antenas por estación base. Opera en las bandas 1,7 1,9 y 2,3Ghz y la radio base emplea 8 portadoras. La estación base es capaz de manejar un tráfico máximo de 32Mbps (Lo que predice que la cobertura estará limitada básicamente por trafico, no por amplitud geográfica). (Marubeni, 2005)

ArrayComm es la empresa (Fundada por M. Cooper) que patentó esta tecnología y sostiene una importante alianza con Kyocera (empresa proveedora de soluciones en materia tecnológica). Esto permite pensar en Kyocera como la proveedora de soluciones iBurst aquí en Venezuela.

De lo antes expuesto, podemos resumir la plataforma iBurst dentro de sus principales ventajas y desventajas:

#### Ventajas de iBurst

- Presenta una eficiencia espectral de 6.7. Bps/Hz para el esquema de modulación 64QAM.
- Requiere 5Mhz de ancho de banda
- Utiliza antenas inteligentes
- Utiliza TDMA (Ampliamente conocida en DIGITEL)

#### Desventajas de iBurst

- La atención mundial esta puesta en su principal competidor Wimax
- La estación base utiliza muchas antenas (alrededor de 12)
- No utiliza tecnologías de acceso al medio de avanzada (CDMA u OFDM).
- No permite planificación sin línea de vista.

**FLASH OFDM:** La tecnología Flash OFDM es una tecnología desarrollada sobre una versión avanzada de OFDM. Con las siglas *F.l.a.s.h.* se pretende hacer referencia a *Fast Hooping* y a *Fast, Low Latency Access with Seamless Handoff* y consiste en introducir el salto en frecuencias (*Frequency hooping*) dentro de la plataforma OFDM. Se apoya básicamente en el uso de antenas inteligentes para optimizar de manera dinámica la cobertura y el tráfico. Por otro lado, esta tecnología esta fuertemente orientada al mundo de datos paquetizados.

Esta tecnología presenta una eficiencia espectral de 1 Bps/Hz para el esquema de modulación 64QAM. Puede operar además, entre las frecuencias de 400Mhz y 3,5Ghz, pudiendo las estaciones base operar en bandas tales como 1,9GHz 2,1GHz y 2,3GHz. Permite tasas promedio de conexión entre la estación base y el usuario de 1 a 1,5Mbps, permite además tasas promedio de conexión entre el suscriptor y la estación base de 300 a 500Kbps. Requiere un AB de 1,25Mhz en FDD, posee las siguientes modulaciones (Totalmente excluyentes o en modulación adaptativa): QPSK, 16QAM y 64QAM. En cuanto al blindaje de los datos, usa FEC y ARQ.

Por otro lado, le permite al usuario hacer “*hand off*”. Por su estructura, le ofrece al suscriptor tiempos de conexión a la red de 60ms, solo desde el punto de vista de plataforma tecnológica, en este tiempo no se contemplan los retardos que introducen los “*softwares*” de gestión y negociación de red. (Laroya, R, 2005)

Flash OFDM es una tecnología propietaria de la empresa Flarion Technology, y según opinión de expertos, puede hacer peligrar en el futuro a las redes de telefonía móvil de tercera generación (3G), ya que ofrece tiempos de descarga más rápidos para archivos más grandes al igual que la oferta de nuevos servicios como fotografías, canciones y vídeo.

#### Ventajas de Flash OFDM

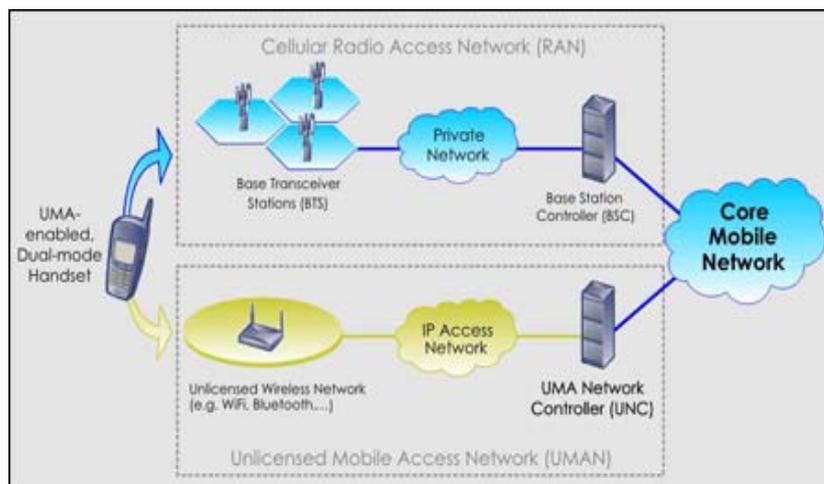
- Introduce el salto en frecuencia en la estructura OFDM
- Tiene una eficiencia espectral de 1 Bps/Hz para el esquema de modulación 64QAM
- Bajos tiempos de conexión (60ms)
- Requiere anchos de banda por portadora de 1,25Mhz
- Flarion Technology el principal fabricante, esta trabajando en el estándar IEEE 802.20
- Las estaciones radio base pueden operar en la frecuencia RF habilitada para DIGITEL
- Utiliza tecnología de antenas Inteligentes
- Permite *HandOff*
- Soporta protocolos IP y TCP
- Puede estructurar la capacidad del radio enlace de manera dinámica o en función de la demanda percibida.
- Representa una ventaja estratégica ya que Flarion Technology esta desarrollando el estándar IEEE 802.20
- Factor de ReUso igual a 1

#### Desventajas de Flash OFDM

- Esta concebida para trafico IP puro, tanto en acceso como en la red núcleo
- Las redes ZigBee pueden causar interferencia
- En la actualidad Flash OFDM es una tecnología propietaria de Flarion.
- Flarion Technology fue adquirida por Qualcomm, empresa que está desarrollando la tecnología FLO

**UMA (Unlicensed Mobile Access):** Es una iniciativa norteamericana que provee acceso a servicios GSM/GPRS y a servicios soportados sobre tecnologías inalámbricas que operen en bandas de uso no licenciado tales como Bluetooth y WiFi (IEEE 802.11). (U.M.A. Technology, 2005)

Con la implantación de la tecnología UMA, proveedores de servicio GSM como DIGITEL le ofrecerán a sus clientes dualidad de bondades y prestaciones. Se les ofrecerán tanto las bondades de la tecnología celular GSM como las bondades de las redes inalámbricas públicas y/o privadas de banda no licenciada (2,4Ghz) como WiFi por ejemplo, utilizando un teléfono dual.



Fuente: U.M.A. Technology, 2005

Fig. 3.1  
Plataforma UMA

Se puede decir que una red UMA se compone de dos plataformas de acceso básicas e independientes, la red GSM/GPRS y la red WLAN. Ambas plataformas convergen y cursan tráfico a través de la red núcleo GPRS tal como muestra la Fig. 3.1. Se debe advertir que el tráfico IP de las redes WLAN, por no ser tráfico GSM/GPRS, debe viajar encapsulado a través de dicha red y debe ser conmutado en un nuevo elemento de red, el gMSC, que funge como enrutador hacia la red PSTN.

Los componentes a integrar en la actual red para convertirla en una eficiente red UMA son:

- Access Point (AP) para Wlan y BlueTooth (Puede ser un AP de tecnología WiFi o similar por ejemplo)
- Equipos controladores de Red UMA (UNC)
- gMSC (Conmutador principal de red paralela)

#### Ventajas

- La principal ventaja es que se aprovecha al máximo la infraestructura GSM instalada
- Esta tecnología se encarga de integrar al mundo GSM con el mundo IEEE 802.11

#### Desventajas

- La principal desventaja es que se requieren teléfonos duales
- Ofrece las bondades y desventajas de la red Wlan (IEEE 802.11) paralela que se desee instalar
- Se obtiene las bondades de una WLAN solo a nivel de red de acceso, la velocidad de transmisión y la capacidad de transferencia de información queda totalmente anclada a las bondades de la red GPRS de DIGITEL.

**IEEE 802.20:** El estándar IEEE 802.20 esta siendo desarrollado entre otros por Flarion Technology (los desarrolladores de Flash OFDM), este estándar ofrecerá una capacidad de conexión que variará entre 1 y 4Mbps, Ofrecerá además un rango de cobertura de 15Km por estación base y el ancho de banda que utilizará para operar variará entre 1,25 y 5Mhz, sustentado sobre una plataforma de Flash OFDM que permitirá el Hand Off entre las diferentes celdas. (Zou, F, Jiang, X, Lin, Z, 2004).

El gran inconveniente que presenta esta tecnología para los efectos perseguidos en esta investigación, es que se encuentra en fase de construcción, lo cual la hace descartable en función de los intereses de DIGITEL.

#### Ventajas de IEEE 802.20

- Ofrece mayor velocidad y capacidad de conexión que Flash OFDM
- Presenta muchas de las ventajas técnicas de Flash OFDM
- Se puede pensar en IEEE 802.20 como la evolución natural de Flash OFDM

#### Desventajas de IEEE 802.20

- No cuenta con el respaldo de empresas dominantes de mercado
- La plataforma se encuentra en desarrollo
- Pasará primero a conformar las listas de tecnologías propietarias para luego y según la presión del mercado, convertirse en estándar.

**WiBro:** Es una iniciativa Koreana para el acceso a Internet en banda ancha inalámbrica. WiBro se centra en una plataforma OFDM y se sustenta en el estándar IEEE 802.20. Para la fecha de elaboración de esta investigación, la tecnología WiBro está en fase de diseño. El principal atractivo de esta tecnología es que permitirá acceso móvil a Internet ya que se incorporarán capacidades de Hand Off en sus estaciones base.

#### Desventaja de WiBro

- Está en fase de desarrollo

La principal diferencia entre estas tecnologías (iBurst, WiMax, Flash, Wibro, UMA etc.) radica básicamente en el método de radio acceso que utilizan. Mientras iBurst utiliza TDMA y Antenas inteligentes, WiMax y las demás atractivas a los intereses de DIGITEL utilizan OFDM (opcionalmente utilizan antenas inteligentes).

**CAPITULO IV**  
**Análisis para la Selección de la Solución en Materia de Banda Ancha**  
**Inalámbrica**

## CAPITULO IV

### Análisis para la selección de la Solución en Materia de Banda Ancha Inalámbrica

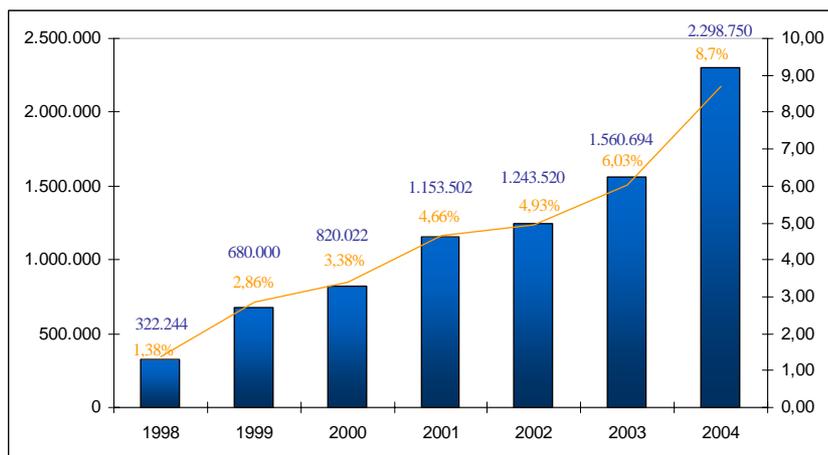
En este capítulo se exponen los principales criterios y factores que impulsaron el análisis para la selección de la solución en materia de banda ancha inalámbrica. Se afloran consideraciones tanto técnicas como de mercado y legales/regulatorias.

#### 4-1. Ámbito Legal y Mercadotécnico

Ámbito Mercadotécnico.

Es estrictamente necesario antes de elegir la tecnología que sustentará la plataforma de telecomunicaciones para la oferta de servicios de banda ancha inalámbrica fija, estudiar el mercado en donde se ofrecerán los referidos servicios.

Para el siguiente análisis, se tomaron como referencia los datos arrojados por CONATEL para el cuarto trimestre del 2005.



Fuente: CONATEL (2005)  
Fig. 4.1  
Usuarios y crecimiento de Internet

Para el año 2005 la realidad venezolana demuestra que existe un mercado total que oscila alrededor de los 26.7 millones de personas. Es necesario recordar que en este mercado de 26.7 millones ocurre la primera segmentación, cuando se toma en consideración que la penetración en cuanto al uso de Internet en Venezuela es del 12%. Esto arroja como consecuencia que el segmento de mercado a atacar, asciende a 3.3 millones.

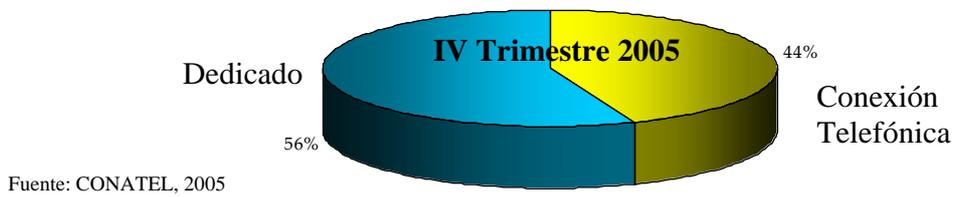


Fig. 4.2  
Usuarios de Internet

En este mismo orden de ideas, para obtener datos reales, se hace necesario establecer una discriminación básica entre los actuales usuarios de Internet. Una porción de este segmento, (56%) se conecta a Internet a través de servicios de banda ancha en cualquier modalidad mientras que el 44% se conecta vía conexiones telefónicas tradicionales o *dial up*. Esto permite concluir que existe un mercado potencial de 1,44 millones de usuarios que utilizan Internet pero sin conexión de alta velocidad. Estos 1,44 millones de usuarios conformarán el público objetivo o mercado potencial para el cual se diseñarán tanto la plataforma de acceso para banda ancha inalámbrica fija como los servicios que se ofrecerán.

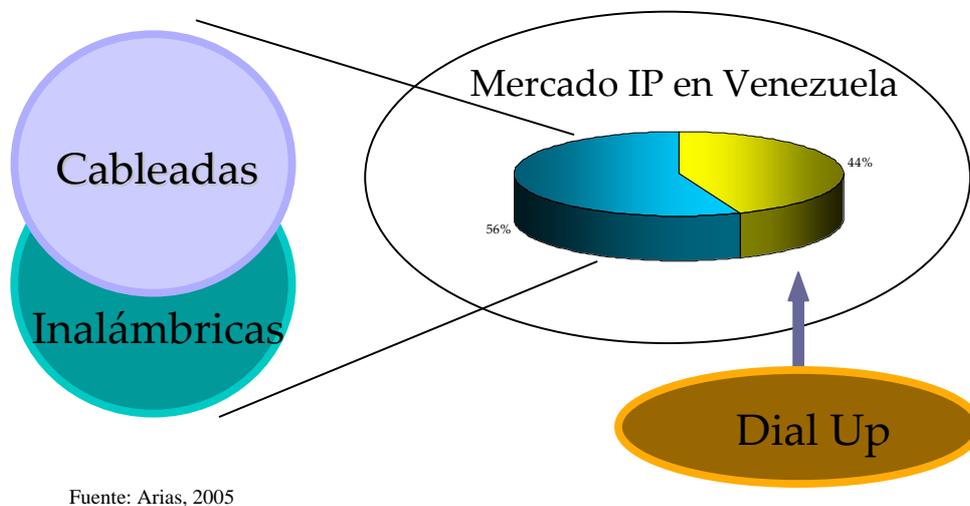


Fig. 4.3  
Tecnologías de Acceso a Internet

Así mismo, se hace necesario recordar que los servicios ofrecidos no estarán del todo enfocados en este 44%. Se contempla además una eventual migración que pueda ocurrir desde otras empresas ofertadoras de servicios similares, a la red de DIGITEL, lo que traduciría básicamente que se podrá (pero no es el enfoque inicial) atacar parte del segmento de acceso dedicado, el 56% que actualmente tiene conectividad en banda ancha y que pertenece a otras

empresas que ofrecen servicios similares tales como CANTV, Movilnet, operadoras de Internet por cable etc.

### **Ámbito Legal**

Desde el punto de vista legal y regulatorio, hay ciertos detalles que no se deben pasar por alto en caso de explotar servicios de telecomunicaciones como los descritos en este documento.

### **Del espectro radio eléctrico**

El artículo 7 de la Ley Orgánica de las Telecomunicaciones (LOTEL) consagra que el espectro radioeléctrico es un recurso limitado, propiedad de la Republica Bolivariana de Venezuela y si se requiere una porción de este para explotación de servicios comerciales, se debe solicitar autorización a CONATEL quien adjudica dicha autorización a manera de concesión.

Para el caso de una empresa prestadora de servicios de telecomunicaciones, que como recordará el lector, denominamos incúmbente, la cual requiere para su operación la transmisión de datos de manera inalámbrica, si esta empresa cuenta con una concesión para el uso de ciertas bandas de frecuencias por parte de CONATEL, y los nuevos servicios que desea prestar, requieren otra banda de frecuencia, se hace necesario solicitar ante el ente regulador un permiso para poder operar en la banda requerida, a lo que CONATEL responderá en los plazos previstos por la ley y luego de un análisis de la situación, autorizando o no el uso de la banda del espectro solicitado a modo de concesión.

Las diversas plataformas estudiadas requieren operar en bandas de frecuencias particulares. Para el caso de tecnologías tales como: WiMAX, WiFi, iBurst y Flash-OFDM, las bandas de frecuencia a estudiar son:

1800, 1900, 2100, 2200, 2400, 3500 y 5800 GHz entre otras.

El ente regulador cuenta con una organización y discriminación para estas y todas las bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico, esta organización se encuentra reflejada en el Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias (CUNABAF), el cual a los efectos legales correspondientes, fue publicado en la Gaceta Oficial Extraordinaria de la República Bolivariana de Venezuela No. 5.590 de fecha 10 de junio de 2002, y en consecuencia se reimprimió en la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela de conformidad con lo dispuesto en el artículo 4 de la Ley de Publicaciones Oficiales.

Con respecto a las bandas de frecuencias antes mencionadas, en el CUNABAF se puede obtener la siguiente información:

BANDA	ATRIBUCIÓN UIT REGIÓN 2	ATRIBUCIÓN VENEZUELA	NOTA
1 710 – 1 930 MHz	FIJO MÓVIL 5.380 5.384A 5.388A 5.149 5.341 5.385 5.386 5.387 5.388	1710 – 1730 MHz MOVIL 1730 – 1805 MHz FIJO MOVIL 1805 – 1825 MHz MOVIL 1825 – 1885 MHz FIJO MOVIL  1885 – 1980 MHz	V20
1 930 – 1 970 MHz	FIJO MÓVIL 5.388A Móvil por satélite (Tierra-espacio) 5.388	MOVIL	V20
1 970 – 1 980 MHz	FIJO MÓVIL 5.388 5.388 <sup>a</sup>		
1 980 – 2 010 MHz	FIJO MÓVIL MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.351A 5.389F 5.388 5.389A 5.389B	FIJO MOVIL MOVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio)	
2 010 – 2 025 MHz	FIJO MÓVIL MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.388 5.389C 5.389D 5.389E 5.390		
2 025 – 2 110 MHz	OPERACIONES ESPACIALES (Tierra-espacio) (espacio-espacio) EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (Tierra-espacio) (espacio-espacio) FIJO MÓVIL 5.391 INVESTIGACIÓN ESPACIAL (Tierra - espacio) (espacio - espacio) 5.392	OPERACIONES ESPACIALES (Tierra-espacio) (espacio-espacio) EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (Tierra-espacio) (espacio-espacio) FIJO MÓVIL INVESTIGACIÓN ESPACIAL (Tierra - espacio) (espacio - espacio)	
2 110 – 2 120 MHz	FIJO MÓVIL 5.388A INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio lejano) (Tierra-espacio) 5.388	MOVIL	V20
2 120 – 2 160 MHz	FIJO MÓVIL 5.388A Móvil por satélite (espacio-Tierra) 5.388		
2 170 – 2 200 MHz	FIJO MÓVIL MÓVIL POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.351A 5.388 5.389A 5.389F 5.392 <sup>a</sup>	FIJO MÓVIL MÓVIL POR SATÉLITE (espacio-Tierra)	

BANDA	ATRIBUCIÓN UIT REGIÓN 2	ATRIBUCIÓN VENEZUELA	NOTA
2 200 – 2 290 MHz	OPERACIONES ESPACIALES (espacio-Tierra) (espacio-espacio) EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (espacio-Tierra) (espacio-espacio) FIJO MÓVIL 5.391 INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio-Tierra) (espacio-espacio) 5.392	OPERACIONES ESPACIALES (espacio-Tierra) (espacio-espacio) EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (espacio-Tierra) (espacio-espacio) FIJO MÓVIL INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio-Tierra) (espacio-espacio)	
2 290 – 2 300 MHz	FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio lejano) (espacio-Tierra)	FIJO MOVIL salvo móvil aeronáutico INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio lejano) (espacio-Tierra)	
2 300 – 2 450 MHz	FIJO MÓVIL RADIOLOCALIZACIÓN Aficionados 5.150 5.282 5.393 5.394 5.396	FIJO Aficionados	V21
2 450 – 2 483,5 MHz	FIJO MÓVIL RADIOLOCALIZACIÓN 5.150 5.394	FIJO RADIOLOCALIZACIÓN	V21
2 483,5 – 2 500 MHz	FIJO MÓVIL MÓVIL POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.351A RADIOLOCALIZACIÓN RADIODETERMINACIÓN POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.398 5.150 5.402	FIJO MÓVIL MÓVIL POR SATÉLITE (espacio-Tierra) RADIOLOCALIZACIÓN RADIODETERMINACIÓN POR SATÉLITE (espacio-Tierra)	

3 400 – 3 500 MHz	FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) Aficionados Móvil Radiolocalización 5.433 5.282 5.432	3400 – 3600 MHz FIJO	V23
3 500 – 3 700 MHz	FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL salvo móvil aeronáutico Radiolocalización 5.433 5.435	3600 - 3700 MHz FIJO FIJO POR SATÉLITE (Espacio-Tierra)	
5 725 – 5 830 MHz	RADIOLOCALIZACIÓN Aficionados 5.150 5.453 5.455	RADIOLOCALIZACIÓN FIJO Aficionados	V26
5 830 - 5 850 MHz	RADIOLOCALIZACIÓN Aficionados Aficionados por satélite (espacio-Tierra) 5.150 5.453 5.455	RADIOLOCALIZACIÓN Aficionados FIJO Aficionados por satélite (espacio-Tierra)	V26
5 850 – 5 925 MHz	FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) MÓVIL Aficionados Radiolocalización 5.150	5850 –7075 MHz FIJO FIJO POR SATÉLITE	V26

Tabla 4.1  
Asignación de espectro (CUNABAF)

Como se aprecia en la tabla 4.1, existen usos, servicios y categorías de servicios específicos de estas bandas, para los cuales los artículos 5, 6 y 7 de las disposiciones generales del CUNABAF establecen que:

“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:

Los servicios cuyos nombres se indican en letras mayúsculas (ejemplo: RADIONAVEGACIÓN), se denominan servicios primarios.

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:

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.

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;

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.”

Advierta también que la última columna establece una nota general, la cual se define en el artículo 10 de las disposiciones generales del CUNABAF.

**“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:”

A los efectos que se persiguen en este documento, las bandas de frecuencias requeridas por las plataformas estudiadas, al ser ubicadas en el CUNABAF, se manejan bajo las siguientes notas:

Bandas 1800 y 1900, 2100 y 2200 Mhz

---

“V20: Las porciones del espectro radioeléctrico comprendidas entre 1710-1730 MHz, 1805-1825 MHz, 1885-1980 MHz y 2110-2170 MHz están atribuidas, específicamente, al atributo de telefonía móvil.”

Bandas de 2300 y 2400 Mhz

“V21: La subbanda de frecuencias comprendida entre 2300-2400 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 subbanda de frecuencias para uso gubernamental.”

Banda de 3500 Mhz

“V23: La banda de frecuencias comprendida entre 3400-3600 MHz está atribuida al servicio fijo para aplicaciones del tipo acceso fijo inalámbrico (FWA).”

Banda de 5800 Mhz

“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.”

Se debe prestar especial atención a las bandas consideradas como no licenciadas (2400Mhz), ya que como su nombre lo indica, es de acceso libre y no requiere ser concesionada por CONATEL. Por un lado esto es bueno, ya que el incúmbente no tiene que obtener del ente regulador una concesión, solamente debe cumplir ciertos lineamientos en cuanto a densidad de potencia y homologación de equipos en función de la ubicación geográfica en donde van a operar, evitándole tramites de índole legal ante el ente regulador. Pero por otro lado, por ser esta banda de uso libre, cualquiera la puede utilizar, y al encender un equipo en esta frecuencia, dependiendo de donde se encuentre, puede causar interferencias, y en este caso el incúmbente no cuenta con protección legal por parte de CONATEL.

Así mismo, las bandas reguladas, tienen sus ventajas y desventajas desde el punto de vista legal. La principal ventaja es que son bandas que cuentan con la protección por parte de CONATEL en caso de interferencias. Pero tienen como principal desventaja que se deben transitar los caminos y trámites legales que conllevan a una concesión, incluyendo por su puesto el desembolso económico respectivo por la mencionada.

Entre otras cosas, la concesión para la explotación de una banda de frecuencias esta sujeta a muchas consideraciones, entre ellas unas que podemos mencionar son: La ubicación geográfica de operación y la reserva por parte de otra empresa de la misma banda –condición para la cual, CONATEL fallará a favor de la empresa que reservo dicha banda con mayor antelación-.

---

Desde el punto de vista de los intereses perseguidos y de la concesión subutilizada de la banda de 3500GHz otorgada y en virtud de la potencial fusión con las otras dos operadoras regionales GSM de Venezuela, a DIGITEL le interesa explorar fuertemente la posibilidad de adquirir concesión para operar en la banda de 3500 en las tres regiones faltantes.

CONATEL Abre un mundo para Venezuela			
Resultados subasta de Wireless Local Loop (WLL)			
REGIONES	Banda A-A'	Banda B-B'	Banda C-C'
<b>REGIÓN 1</b>			
Distrito Capital- Vargas - Miranda- Dependencias Federales	Telcel US\$ 2.500.000	Génesis US\$ 3.800.000	Entel Chile US\$ 1.500.000
<b>REGIÓN 2</b>			
Mérida - Táchira - Trujillo - Zulia.	Telcel US\$ 1.500.000	Génesis US\$ 860.000	Millicom US\$ 800.000
<b>REGIÓN 3</b>			
Apure- Aragua- Barinas- Carabobo- Cojedes- Guárico	----	Telcel US\$ 4.300.000	Génesis US\$ 1.200.000
<b>REGIÓN 4</b>			
Amazonas - Anzoátegui- Bolívar - Delta Amacuro - Monagas- Nueva Esparta- Sucre.	Telcel US\$ 800.000	Génesis US\$ 560.000	Digicel US\$ 300.000
<b>REGIÓN 5</b>			
Falcón- Lara- Portuguesa- Yaracuy.	Telcel US\$ 1.000.000	Génesis US\$ 400.000	Digitel US\$ 720.000
<b>TOTAL</b>	US\$ 5.800.000	US\$ 9.920.000	US\$ 4.520.000

Fuente: CONATEL 2005

Fig. 4.4  
Concesión de la Banda WLL

A la fecha de elaboración de esta investigación, DIGITEL cuenta con concesión para operar equipos de WLL en la región 5, la cual abarca los estados occidentales: Falcón- Lara- Portuguesa- Yaracuy, mientras que DIGICEL, cuenta con la misma concesión pero en la región 4, la cual abarca los estados orientales: Amazonas – Anzoátegui- Bolívar – Delta Amacuro – Monagas- Nueva Esparta- Sucre.

Este escenario trae grandes ventajas y una importante oportunidad de negocio ya que ambas concesiones son en la banda C-C'', resta entonces entrar en conversaciones y negociaciones con el ente regulador nacional para que apruebe la adjudicación del espectro en las regiones faltantes, en la banda C-C'', o si no es posible, presionar para la adjudicación de la faltante banda D-D'' también en 3500MHz y también de 50Mhz de ancho de banda. La adjudicación de la sub banda D-D' está reservada para ser utilizada por CANTV. De renunciar CANTV a sus derechos sobre esta sub banda, el ente regulador procederá a otorgarla.

### Del servicio prestado

Por otro lado, el artículo 5 de la LOTEL, (2000), consagra que es necesario solicitar ante CONATEL la autorización para prestar cualquier tipo de servicio de telecomunicaciones. A la cual el ente regulador responde adjudicando o no una habilitación.

Si una empresa que en la actualidad presta ciertos servicios de telecomunicaciones, desea prestar otro tipo de servicios, para los cuales, no cuenta con la habilitación correspondiente por

parte de CONATEL, y estos nuevos servicios encajan en el marco de las telecomunicaciones, requiere una nueva habilitación. Para este caso, el ente regulador estudiará si el pliego de habilitaciones y concesiones adjudicado a la empresa es de carácter limitado en ese sentido, y de ser así y si dentro de las habilitaciones contenidas en este pliego no se encuentra ninguna que pueda ser extendida a los servicios requeridos, CONATEL adjudicará o no según previo estudio una nueva habilitación, en el plazo previsto por la LOTEL al respecto.

### **De los tributos**

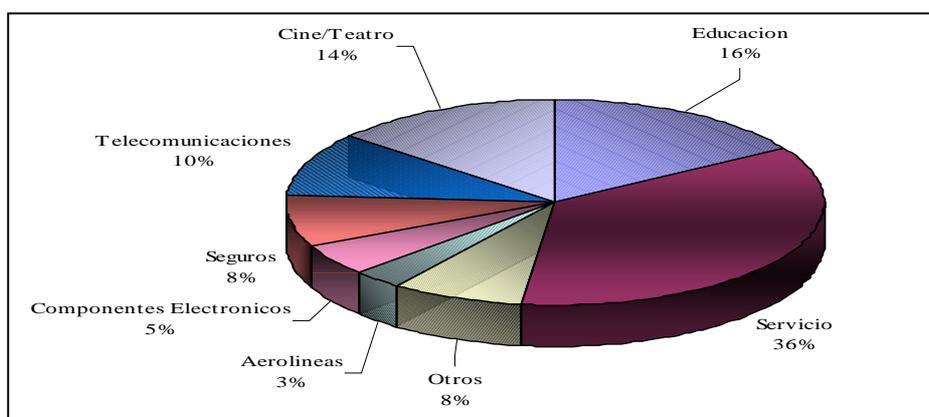
Los artículos 147 al 158 de la LOTEL, (2000) se refieren específicamente a los tributos que deben ser cancelados al estado, representado en el ámbito de las telecomunicaciones por CONATEL y el cual funge como cobrador de dichos tributos.

Según el artículo 147 de la LOTEL, (2000) se debe cancelar trimestralmente y dentro de los primeros quince días continuos siguientes a cada trimestre un monto correspondiente a 2.3% de los ingresos brutos producidos por actividad comercial y según el artículo 148 pagar una contribución adicional del 0,5% de los ingresos brutos, los cuales formarán parte de los ingresos propios de CONATEL.

En contraposición, el artículo 156 establece que la actividad de telecomunicaciones no estará sujeta a pagos de tributos estatales o municipales.

## Ámbito Local

Desde el punto de vista económico, para el 2005 y según InsideTelecom (2005), el consumo de bienes y servicios por parte del venezolano promedio en Venezuela, se manifiesta como muestra la fig. 4.5. Dicha figura evidencia claramente que un 62% del consumo promedio esta repartido en adquisición de bienes y servicios referentes a la educación a través de telecomunicaciones. Esto es un detalle importante ya que permite ratificar la importancia que tienen tanto las tecnologías como el tráfico de información en la sociedad venezolana. Apoyados en la figura, observamos que el 10% se invierte en servicios de telecomunicaciones. Esto refleja la importancia que le da el venezolano promedio a estar comunicado.



Fuente: INSIDETELECOM 2005

Fig. 4.5  
Consumo de los venezolanos en Venezuela

En virtud de lo antes expuesto desde el punto de vista local, DIGITEL, siente la necesidad de diversificar aún más el portafolio de servicios que ofrece a sus clientes. Esta vez busca enfocar sus esfuerzos hacia el mundo del acceso a Internet. Pretende ser además de en una operadora de servicios de telefonía móvil celular, un proveedor de servicios de Internet o I.S.P. (*Internet Service Provider*).

Debido a que para ofrecer el servicio de conectividad a Internet se apoyará en una plataforma de acceso inalámbrica, se podrá considerar a DIGITEL como un I.S.P. Inalámbrica o W.I.S.P. (*Wireless Internet Service Provider*). El primer paso desde el punto de vista tecnológico para convertir a DIGITEL en un W.I.S.P. es la planificación de una estación base piloto que permita estudiar las bondades de la plataforma tecnológica que proveerá el servicio de conectividad a Internet.

**Estimaciones de cobertura geográfica:** El alcance de este documento, contempla la planificación de una estación piloto para el acceso a banda ancha inalámbrica, pero en función de las necesidades y requerimientos de DIGITEL, se decidió realizar un estudio de cobertura geográfica para toda Caracas teniendo como premisa inundar la ciudad de señal para obtener presencia ante los clientes potenciales.

Por razones de confidencialidad, no se puede publicar la ubicación de las estaciones base que permitirán dar presencia en las principales zonas de Caracas. Como se dijo, se pretende atacar a los estratos B,C y D. El reto surge ya que estos estratos se encuentran repartidos en gran parte de Caracas, es decir no se encuentran ubicados de manera concentrada en áreas puntuales de la capital. Por tal motivo, si se quiere captar la mayor cantidad de clientes posibles de estos estratos, se debe obtener la mayor presencia posible desde Caricuao hasta Petare y desde la Cota Mil hasta la línea imaginaria que se forma al unir a la parroquia Coche con el túnel de la trinidad.

Lo antes descrito, nos permite modelar a caracas (dentro de lo que cabe) como un cuadrilátero de aproximadamente  $180 \text{ Km}^2$ . Según cálculos, que por razones inconfesables no se explican abiertamente, se puede cubrir esta extensión territorial con cuatro o cinco estaciones base cuya ubicación estén bien planificadas.

Para el escenario en donde se tienen cuatro estaciones, se predice cubrir el 90% del área anteriormente señalada, mientras que bajo el escenario de las cinco estaciones, se predice cubrir el 98% de la misma área.

Para ambos escenarios, se está tomando en consideración que una estación base posee una potencia de transmisión de 36dBm (La cual se encuentra en el mercado como “*High Power*”), las antenas de la estación poseen una ganancia de 15,5 dBi y un Angulo de apertura de 90 grados. Por otro lado, para garantizar la eficiente transmisión de hasta 1Mbps, se requiere un umbral por parte del receptor de -95dBm, con una antena (en el receptor) de 17 dBi. Con todos estos datos y adicionándole el hecho de que los edificios en una zona urbana atenúan la señal, (lo cual se modela como una atenuación variable de entre 12 y 40dB, pero a efectos prácticos utilizará 36dB) esto arroja un rango de cobertura sin línea de vista o NLOS de 5Km a la redonda por estación base, y una cobertura con línea de vista o en LOS de aproximadamente 7Km a la redonda.

Otras de las asunciones que tienen cabida y gran impacto en este calculo, es que muchos de los terminales que se venderán a los usuarios cuentan con la posibilidad de conectarle una antena externa, con lo cual, al instalar dichas antenas, estas se ubicarán en el sitio de mejor recepción posible encontrada a la hora de instalar. Este sitio por lo general es en la parte externa de una vivienda, para lo cual se puede asumir que existe en ciertos casos transmisión LOS.

Por otro lado, la tecnología seleccionada, tiene grandes prestaciones desde el punto de vista NLOS con la cual, terminales en el interior de las viviendas podrán recibir y transmitir información con mayor desempeño que sus homólogos, los de tecnología celular convencional.

Para finalizar, es necesario recordar que la cobertura LOS se ha acortado a 7Km por razones de tráfico, ya que a más de 7Km se hace inmanejable el acceso de los suscriptores al servicio en cuestión.

**Estimaciones de Tráfico:** Otro de los estudios fundamentales para el dimensionamiento de una estación base y el sistema de transmisión asociado, es el estudio de tráfico o de capacidad de tráfico requerida por una estación. Para un sistema de telefonía móvil convencional, este cálculo no tiene mayores complicaciones siendo las variables más importantes a tomar en cuenta:

- Tráfico en Erlang por suscriptor
- Factor de Reuso
- Factor de Penetración
- Grado de Servicio
- Cantidad de Suscriptores Promedio que la Estación Base debe atender

Bajo estas condiciones y enfocados en la premisa de telefonía móvil, se sabe de antemano que un suscriptor promedio, al iniciar una sesión, transmitirá señales de voz de manera continua durante un promedio de 3min.

Para el caso del tráfico de datos el estudio es más complicado, tanto así que muchos autores recomiendan no centrarse en un modelo o patrón específico para el cálculo (tal como las tablas *erlangs*) sino iniciar con una estimación aproximada de la cantidad promedio de datos que un suscriptor “promedio” será capaz de transmitir en una unidad de tiempo definida y luego ajustar los valores de manera experimental hasta que la estación base satisfaga las necesidades de sus clientes.

La principal razón es que no se sabe a ciencia cierta cuanta información puede transmitir un usuario al navegar en Internet, ya que no hay un usuario promedio ni una cantidad definida de usuarios por sector geográfico. Es decir, en un instante de tiempo, un usuario puede enviar o descargar cierta cantidad de datos, pero instantes después puede enviar correos, o alguna otra actividad que tenga en mente sin responder a un patrón determinado de uso y mucho menos a un patrón determinado de transferencia de información.

Por lo tanto, es recomendable comenzar con ciertas aproximaciones y asunciones que permitirán dimensionar en líneas generales la cantidad de tráfico que cursarán los enlaces que surtirán a las estaciones base.

Se mencionó en páginas anteriores, que el estándar 802.16d permite que una estación base maneje una capacidad de 70Mbps con canales de ancho de banda máximo de 20Mhz. Si un suscriptor promedio requiere para navegar cómodamente en Internet 144Kbps, es fácil concluir que una estación base bajo este estándar puede servir a 486 usuarios simultáneos.

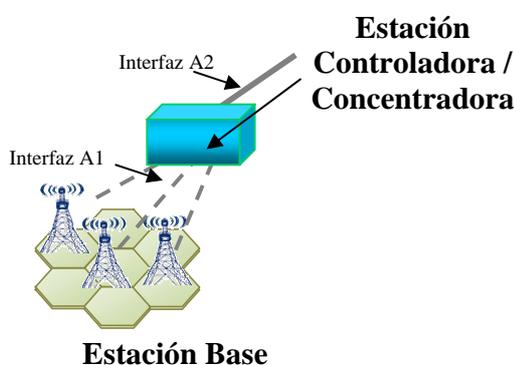
Esto es un buen indicador, ya que se tiene como directriz planificar una estación base piloto que sea capaz de atender a una población máxima de 400 usuarios, con lo que no se verá comprometido el 100% de la capacidad de la referida estación base.

---

Como se dijo anteriormente, en la actualidad no existe un método preciso o un procedimiento específico para el cálculo de la capacidad de tráfico en una red de datos, es por ello que el dimensionamiento presentado en esta sección responde a un conjunto de suposiciones hechas y a un conjunto de técnicas y prácticas ejecutadas en el mundo de la planificación de tráfico vocal.

Si se quiere servir a un universo de 400 suscriptores, los cuales se deben atender con un grado de servicio del 2%, las tablas erlang predicen que se requieren en total 355 circuitos por estación base. Si, cada circuito le entregará un flujo de 144Kbps al suscriptor a través de frecuencias ortogonales para el acceso o a través del método O.F.D.M.A., entonces:

$$355 \times 144 = 51,2 \text{ Mbps totales}$$



Fuente: Arias, 2005

Fig. 4.6  
Configuración de Red Acceso

El enlace A1, el cual conecta a las estaciones base con estaciones concentradoras, debe ser robusto y de más de 51Mbps, lo que en la práctica se traduce en que tiene que ser un enlace capaz de transportar como mínimo 26 E1's. Un cálculo similar se hace para el enlace "A2", el cual transportará todo el tráfico gestionado por la estación concentradora y el cual se compone básicamente de la suma algebraica de los diversos enlaces "A1" más el tráfico propio de la estación para su correcto funcionamiento, por lo general, este tráfico es marginal en comparación con el total de tráfico proveniente de las estaciones base.

**Densidad de Tráfico:** La estación base atenderá un área de:  $\pi r^2$  y 355 canales disponibles desde el punto de vista de tráfico y en O.F.D.M.A, por tanto la densidad de canales de transmisión será:

$$355/78.6 = 4.5 \text{ canales/Km}^2$$

O lo que es lo mismo, existe la posibilidad de que se conecten 4,5 suscriptores en O.F.D.M.A. por  $\text{Km}^2$ . Indiscutiblemente, se pueden conectar más, pero esta es la cantidad recomendada. Por otro lado, advierta usted que esta es una distribución residencial y un tanto ideal si se quiere, en la realidad, la concentración de suscriptores es heterogénea y responde a una suerte

de factores tales como densidad de viviendas por Km<sup>2</sup>, poder adquisitivo y necesidad de conexión entre otros.

Retomando el tema, si en el peor de los casos, llegasen a coincidir en conexión los 400 suscriptores planificados, los recursos del sistema serán insuficientes, sin embargo se tiene previsto que para este escenario, cada suscriptor gozará de una velocidad promedio de:

$$51,2\text{Mbps}/400 \text{ Usuarios} = 128\text{Kbps}$$

$$\Delta\text{Vel} = \frac{\text{Vel}_{\text{Teo}} - \text{Vel}_{\text{cong}}}{\text{Vel}_{\text{Teo}}} * 100 = 11\% \quad (\text{Ec. 4.1})$$

Lo cual traduce en que el usuario obtendrá una reducción del 11% en su velocidad de transmisión, llegando esta a ser en el peor de los casos 128Kbps.

Otro de los aspectos importantes en el dimensionamiento de la estación, es planificar la cantidad de MegaBytes que transitarán por ella.

Para este caso, trabajaremos bajo las premisas previamente señaladas:

- El usuario promedio invertirá 45h/mes
- En el caso practico descargará paginas de 0,2Mbyte

Si un suscriptor tarda en promedio 10 seg al visitar una pagina (en el entendido de que 10seg contemplan el tiempo de descarga mas el tiempo de lectura por parte del suscriptor), si un suscriptor se conecta durante 45 horas que es lo mismo que 162.000seg e invierte su

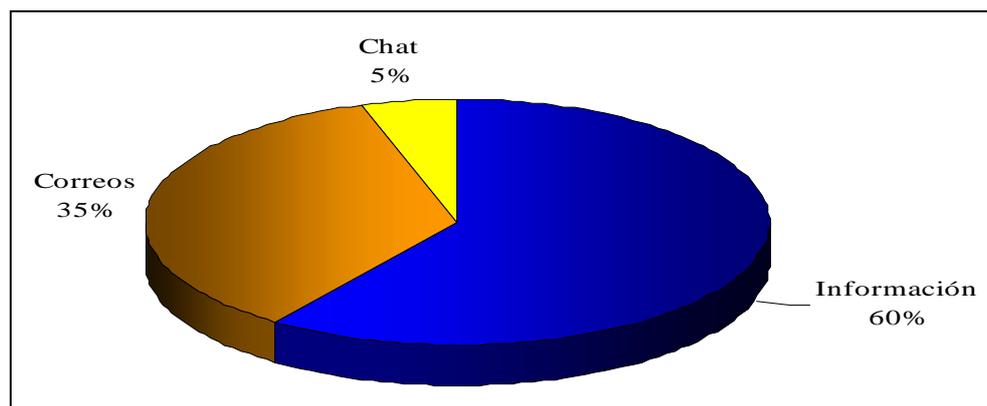


Fig. 4.7

Consumo promedio

Fuente: Datanalisis, 2005

tiempo de conexión tal y como muestra la Fig 4.7, la cual muestra el porcentaje de tiempo empleado por cada actividad, obtenemos:

De los 162.000 segundos totales, 97.200 son para búsqueda de información, 8.100, son para el chat y 56.700 para enviar y recibir correos.

Esto trae como consecuencia, que un suscriptor descargará aproximadamente:

$$200\text{Kbyte} * (97.200/10) = 1.94\text{Mbyte por concepto de búsqueda de información.}$$

Si asumimos que cada correo revisado y enviado tiene un promedio de 250Kbyte y 120seg de duración, la cantidad de Bytes descargados/enviados seria:

$$250\text{Kbyte} * (56.700/120) = 118.125 \text{ Mbyte por concepto de envío de correos}$$

Para finalizar, asumiremos que por cada hora de chat se transfieren 2Mbytes, entonces en 8100seg se transfieren:

$$2\text{Mbytes} * (8.100/3.600) = 4.5\text{Mbyte por concepto de chat.}$$

Lo cual arroja como consecuencia que el suscriptor promedio transfiere:

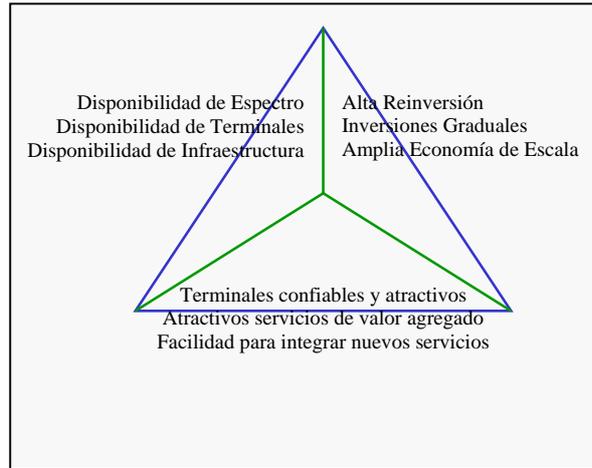
$$4.5 + 118.125 + 1.19 \text{ Mbytes} = 123.815\text{Mbyte durante un mes.}$$

CAPITULO V  
Solución Tecnológica

## CAPITULO V Solución Tecnológica

El presente capítulo expone los lineamientos básicos para la resolución del problema planteado al inicio. Se exponen además los servicios potenciales que se pueden ofrecer en la plataforma de telecomunicaciones sugerida.

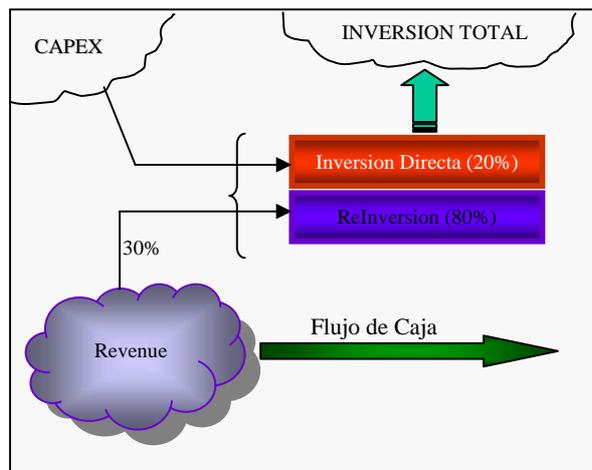
**5-1. Diseño de la solución.** El desarrollo de una nueva plataforma de telecomunicaciones,



Fuente: Ahonen, 2000

Fig. 5.1  
Variables Globales

responde a variables tanto de tipo externo como de tipo interno, dichas variables, toman en cuenta al cliente final, a la empresa proponente y a variables político-económicas del entorno operativo de dicha empresa. Como indica la Fig. 5.1, una plataforma de telecomunicaciones exitosa debe ser la fusión armoniosa de infraestructura instalada, alta costo eficiencia y servicios y equipos atractivos.



Fuente: Arias, 2005

Fig. 5.2  
Reinversión de Capital

Es estrictamente necesario aclarar que desde el punto de vista interno, la empresa proponente debe contar con disponibilidad tanto de infraestructura (red de transporte capaz de responder a los requerimientos de esta nueva plataforma) como de espectro radioeléctrico. En el caso en el que no se cuente con estos recursos, prácticamente se está diseñando desde cero una o parte de una plataforma. Además, es necesario contar con una disponibilidad de terminales que excedan en el mejor de los casos la demanda calculada que tendrá el mercado. El subestimar cualquiera de estos tres factores pueden ocasionar graves límites de crecimiento (El lector recordará que tiempo atrás, en el año 99 DIGITEL padeció los estragos que dichos límites pueden ocasionar).

Desde el punto de vista económico-financiero, también es necesario considerar que esta plataforma debe proporcionar una rentabilidad mínima tal que permita además de ganancias, una tasa de reinversión de por lo menos 30% para garantizar un crecimiento sostenido en un horizonte de 4 años (tiempo en el cual se pretende tener cubiertas completamente las principales ciudades pertenecientes al área de concesión de DIGITEL TIM). Además, se hace necesario al principio modelar las estrategias de negocio para que garanticen que la inversión total en materia de expansión, sea en gran parte producto de reinversión directa y una pequeña parte sea inversión proveniente del CAPEX general de la empresa (en el caso donde se requiera inversión externa).

Por otro lado, al planificar una plataforma como la mencionada, se debe pensar en la masificación de el(los) servicio(s) prestados, lo cual es beneficioso desde todo punto de vista ya que se contaría con las bondades que brinda la economía de escala, esto permite (en función de los altos volúmenes de producción) disminuir los costos tanto de producción, como de servicios y mantenimiento, lo que trae como consecuencia inmediata la disminución del costo total final que percibe el usuario.

Otro aspecto que se debe considerar es el factor cliente. A la hora de planificar una plataforma que ofrecerá servicios, se debe tener en cuenta que el principal factor (por no decir el único) retornante de inversión es el cliente, por lo que se hace necesario ofrecerle a este, equipos terminales confiables, robustos y con los cuales él se sienta identificado (atractivos según gustos diversos), además de esto, se le deben ofrecer no solo servicios convencionales, se deben ofrecer servicios complementarios que agreguen valor adicional con la finalidad de consolidar la solución vendida como una solución robusta, versátil, multifuncional, fácil de usar, escalable y que trascienda más allá de las expectativas que el usuario promedio pueda concebir.

Es necesario resaltar que el objetivo final es la satisfacción del cliente. En función de sus necesidades y expectativas, es que se debe orquestar todo un mapa de estrategias.

Una vez definida y planificada la implementación de la nueva plataforma de telecomunicaciones, se hace estrictamente necesario alinear los principales ejes operativos de la empresa en función de la favorable y eficiente colocación del producto en el mercado. Si alguno de estos ejes no se encuentra alineado con el objetivo principal que es la satisfacción de las necesidades del cliente, la estrategia de posicionamiento no alcanzará los objetivos esperados.

---

En resumen, Se debe contar con recursos financieros suficientes, se debe contar con la plataforma totalmente operativa y personal especializado en labores de mantenimiento y monitoreo de la misma, y por supuesto, se debe contar con un agresivo plan de mercadeo para conseguir en el menor tiempo posible la cuota de mercado esperada.

## **5-2. Portafolio de servicios potenciales.**

En retrospectiva, las antiguas redes 2G, se centraban en satisfacer una necesidad puntual, el tráfico y la eficiente telecomunicación vocal. Ya que esta era la principal aplicación, esta era la que reportaba el mayor flujo de dinero desde los clientes hasta las operadoras, es decir esta aplicación era (en aquella época) la principal fuente de ingresos para las operadoras u otras empresas proveedoras de servicios de telecomunicaciones, a esta aplicación se le denominó *La Killer Aplicación*). Esto trajo como consecuencia que todos los servicios ofertados (los cuales comparativamente eran pocos con respecto a la actualidad) giraran en torno al tráfico vocal.

Con el paso del tiempo, estas redes evolucionaron a la 2.5G, donde todos los circuitos y sistemas son digitales. Evidentemente, sobre una plataforma digital, se pueden ofrecer muchos mas servicios que los anteriormente señalados. Si bien los servicios giraban entorno a la telefonía, esta se hizo mas atractiva y eficiente en cuanto a calidad con la que los suscriptores percibía las conversaciones, pero adicionalmente en las redes de 2.5G proliferaron servicios que giraban entorno al trafico de datos a baja velocidad, con lo que entra en escena entonces el SMS, aplicación por demás exitosa en el mercado venezolano.

Antes de proseguir en el documento y para el mayor provecho en cuanto a entendimiento por parte del lector, es conveniente introducir el concepto de *“Killer Aplicación”* término que normalmente se utiliza para catalogar a una aplicación relevante, ampliamente aceptada por las masas y entorno a la cual gira el retorno de inversión de la empresa que ofrece servicios.

De la experiencia obtenida en el mercado venezolano, la cual fue relatada en párrafos anteriores, se concluye que para el caso de la 2G la *killer aplicación* era la telefonía, mientras que para la 2.5G se observa la existencia de dos *killer’s aplicaciones*, la telefonía y el SMS.

En la antigüedad, cuando el mercado de la telecomunicación móvil estaba desatendido, cuando los usuarios finales no tenían muchas posibilidades de elegir y cuando existía realmente una necesidad de comunicación (plano temporal de 2G) los usuarios corrían en masas a adquirir teléfonos móviles sin importar calidad, precio o servicios, la necesidad era tal que el lujo de tener un equipo de comunicaciones móviles se convirtió en una necesidad. Con el transcurrir del tiempo al haberse cuasi-saturado la demanda de telefonía móvil masiva, los usuarios comenzaron a demandar más y mejores servicios complementarios a lo que, y de manera paralela las operadoras ofrecían más y mejores servicios en aras de captar más clientes. Si a esto se le suma la robusta plataforma digital de las redes actuales, es lógico entender porque la mentalidad del cliente promedio ha evolucionado pasando de conformarse con solo servicios basados solamente en telecomunicación de voz hasta lo que vemos hoy en día que es un verdadera mentalidad y comportamiento exigente por parte de los mismos clientes.

Al estar en presencia de una titánica competencia global, las empresas operadoras y prestadoras de servicios de telecomunicaciones han requerido enfilar sus esfuerzos hacia el cliente final como estrategia no solo para mantenerse en, sino para ganar mercado.

Han decidido entonces ofrecerle al cliente final, cada vez mas y mas servicios de valor agregado, buscando con ello captar mas clientes basados en “paquetes” mas atractivos desde su punto de vista (cliente).

La carrera por ganar mercado se centra en el cliente y en satisfacer ampliamente sus necesidades. El principal inconveniente es que este cliente tiene necesidades, expectativas y deseos totalmente diferentes y particulares. En la antigüedad, cuando se hacían estudios de mercado, se partía de la segmentación de dicho mercado, es decir, se compartía este mercado global en amplios segmentos en los cuales se agrupaban un gran numero de clientes con necesidades parecidas y a estos se le generaba una solución que por supuesto gozaba de las bondades de la economía de escala, como por ejemplo el segmento comprendido entre los 15 y 28 años y a ellos se le generaba un paquete de soluciones perfectamente ajustadas a estas supuestas necesidades comunes.

La realidad y la historia han demostrado que este método de mercadeo fue exitoso en su momento. En la actualidad, los gurús del mercadeo se han dado cuenta de que no se puede concentrar a clientes en grupos tan grandes como un segmento, se deben generar soluciones para grupos mas pequeños, y con necesidades puntuales mas especificas, denominados nichos.

Se habla entonces de atender no solo uno, sino varios nichos de manera simultanea y hacerlo lo mejor y mas eficientemente posible. Se está hablando también de concebir soluciones a la medida del cliente más que concebir soluciones para mercadeo de masas.

El portafolio de servicios presentado a continuación contempla dos grandes vertientes. Los servicios de red y los servicios de cara al usuario. A los efectos requeridos por este proyecto basta definir los servicios de red como aquellos que permiten una mejora o la solución de necesidades en la plataforma de telecomunicaciones de DIGITEL o de otra Corporación, estos servicios son transparentes e intangibles desde el punto de vista de usuario pero permiten aumentar el desempeño de la red. Los otros por el contrario, los de cara al usuario, son los que el cliente percibe y permitirán posicionar el producto total como un producto multifuncional.

Entre los principales componentes de este portafolio de servicios tenemos:

### **5-3. Servicios de cara al cliente:**

- Servicios tipo Triple Play: Voz, Video y Datos
  - Acceso a Internet en Banda Ancha a nivel residencial.
  - Acceso a Internet en Banda Ancha a Nivel Corporativo.
  - Telefonía e Internet en Centros de comunicación.
-

- Servicios básicos de un ISP.
- Descarga de Juegos.
- Bloqueo intencional de acceso por parte del cliente.
- Televigilancia.

#### **5-4. Servicios de Red:**

- Transporte para redes Lan y Wlan.
- Implantación de VPN's o Vlan's.
- Transporte para estaciones base GSM.
- Transporte de datos a empresas.

#### **5-5. Facturación**

Uno de los detalles mas importantes que modelarán la alta o baja aceptación del producto por parte de los usuarios potenciales es la relación costo/beneficio de este. Una estrategia que garantice que este paquete tecnológico cale dentro de la mente de los suscriptores, es ofrecer bajos costos con la intención de salvar la barrera de entrada que la inversión inicial que debe hacer el cliente crea.

Luego de la captación de clientes, se hace estrictamente necesario el retenerlos sin contar con su lealtad. Un factor clave en la retención de los clientes es mantener los precios competitivos, otro de los factores es innovar y mantenerse un paso adelante con respecto a la competencia. En virtud de lo importante del tema de la facturación por derecho al servicio, se proponen a continuación las siguientes modalidades con respecto a este tema:

- Tarifa Plana.
- Tarifa por bytes descargados.
- Planes Especiales.
- Ofrecimiento de Paquetes

El desarrollo y facturación de servicios debe responder básicamente al mercado que se quiere atacar, pero es bien sabido que la población joven estudiantil representa un consumidor insaciable en materia de conexión y trafico de información en Internet. Se recomienda ampliamente atacar agresivamente este segmento de mercado, ya que es altamente rentable y de fácil posicionamiento en cuanto a marca y productos.

---

CAPITULO VI  
Análisis Económico

---

## CAPITULO VI

### Análisis Económico.

Este capítulo expone las hipótesis económicas generales hechas para considerar factible y rentable la plataforma tecnológica sugerida

#### 6.1 Análisis Económico

Antes de iniciar cualquier explicación de índole económico-financiera, es necesario indicar que nuestro análisis se hará tomando como referencia el US \$, el cual permitirá la protección de los cálculos frente a los diferenciales cambiarios, así mismo, permitirá un marco de referencia casi global y permitirá además manipular con facilidad las diversas ofertas propuestas por proveedores nacionales e internacionales.

En todo proyecto el factor económico es crucial y en este caso, un proyecto de telecomunicaciones no escapa de la realidad por una simple razón, desde todo punto de vista, un proyecto de telecomunicaciones antes de ser “de telecomunicaciones”, es “un proyecto”, y como tal se ejecuta con la clara visión de obtener contraprestaciones que permitan pagar el monto adeudado por concepto de la inversión inicial desembolsada y los costos operativos que tanto la ejecución del proyecto como el sistema puedan requerir para luego generar ingresos adicionales para la empresa.

Como recuerda el lector, en cuanto a inversión inicial se refiere, se prefiere contar con capital ajeno así se incurra en pagos de intereses a terceros, que contar con el capital de trabajo de la empresa, ya que este capital, invertido en otras áreas de negocio puede generar mayor rentabilidad. Pero existen algunas excepciones en las cuales, se cuenta con un capital de trabajo medianamente alto para inversión en proyectos de innovación tales como el referido en este documento.

Por lineamientos estratégicos de la Corporación DIGITEL los cuales se apoyan en criterios de confidencialidad, muchas de las variables manejadas en este capítulo serán manipuladas de manera conciente y se presentará un análisis ligeramente modificado y poco profundo con respecto a lo ocurrido en la realidad.

Para el subsiguiente análisis asumiremos que el valor del dinero para la empresa (**WACC**) es 30% anual pagadero mensual y el horizonte de inversión de 3 años, mientras que la vida útil de la plataforma (sin modificación ni actualizaciones) es de 5 años. Se asumirá además tasa de conversión a moneda extranjera de 2150 Bs por U.S. dollar (U.S.\$)

Se estimará una captación inicial de aproximadamente 30mil suscriptores para el primer año, con un crecimiento sostenido del 50% para los siguientes 4 años, es decir:

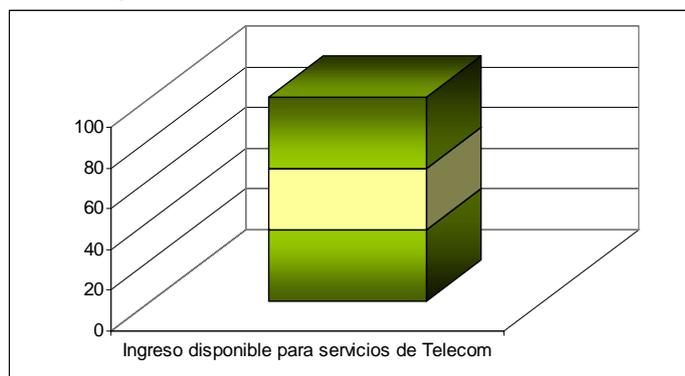
Años	Clientes
1	30.000
2	45.000
3	67.500
4	101.250
5	151.875

Fuente: Arias, 2005

Tabla 6.1  
Captación de clientes en un horizonte de 5 años

Las proyecciones de ingreso, las cuales impactan notablemente tanto en la decisión final como en la posible expansión de redes, deben considerarse en función de escenarios totalmente independientes, para los cuales se harán ciertas consideraciones particulares. El evaluar varios escenarios permite conformar una aguda matriz de opinión/decisión.

**ARPU (Arange Revenue Per User (Ingreso promedio percibido por usuario))**. A los efectos de esta investigación, definiremos el Arpu como el ingreso que se percibiría por parte de un usuario promedio. Como se muestra en la Fig. 6.1 el usuario promedio gasta mensualmente el 10% de lo que percibe en productos y servicios de telecomunicaciones. Bajo esta óptica, definiremos también que de ese 10% el cual se transforma en ARPU para el marco global de las telecomunicaciones, un tanto por ciento será percibido por DIGITEL por efectos de servicios de banda ancha fija inalámbrica.



Fuente: Datanalisis, 2005

Fig. 6.1  
Porcentaje de Arpu total percibido.

En función del crecimiento mostrado en la tabla 6.1, del ingreso promedio por usuario (Arpu) y de una facturación plana, se obtendrán los siguientes ingresos totales anuales:

- Costo del equipo terminal de usuario: \$300
- Cargo mensual promedio por usuario (Arpu): 40\$

Al cabo de un año: El valor presente de las anualidades será:

$$C_0 = \text{Arpu} \left( \frac{(1 + \text{WACC})^{12} - 1}{\text{WACC} * (1 + \text{WACC})^{12}} \right) \quad (\text{ec. 6.1})$$

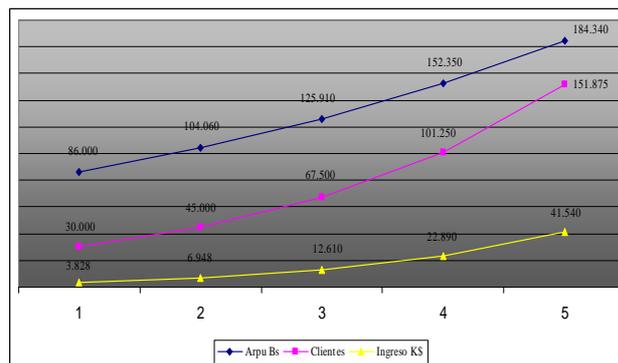
Como se aprecia en la Fig. 6.2, se proyecta un crecimiento en cuanto a captación de clientes de alrededor del 50% interanual, se ha considerado además que el precio base mensual (en tarifa plana) por suscriptor es de 86 mil Bs, si a esta mensualidad se le calcula el VPN (valor presente neto) y se multiplica por el número total de suscriptores, se obtiene un comportamiento proyectado, tal y como lo muestra la Fig. 6.2. Este comportamiento, de ser cierto, revela la factibilidad que esta plataforma, facturada en estas condiciones ofrece.

Año	Arpu Bs	Clientes	Ingreso K\$
1	86.000	30.000	3.828
2	104.060	45.000	6.948
3	125.910	67.500	12.610
4	152.350	101.250	22.890
5	184.340	151.875	41.540

Fuente: Arias, 2005

Tabla 6.2  
Comparativa entre Ingresos y Clientes

Es necesario aclarar que en la Fig. 6.2, la línea amarilla, representa los ingresos totales que se percibirán por la operación comercial año a año, esta se encuentra en la escala mas baja de la grafica, no porque ofrece rendimientos inferiores a la cantidad de clientes, solo se manipularon los valores mostrados en la tabla para que se pudieran apreciar las tres graficas, ya que si a la variable ingresos se le asignan los valores reales, esta línea opacarà a las otras dos y no se notarán diferencias.



Fuente: Arias, 2005

Fig. 6.2  
Comparativa entre Ingresos y Clientes

CAPITULO VII  
Tecnología Seleccionada

---

## CAPITULO VII

### Tecnología Seleccionada.

El siguiente capítulo expone tanto las propuestas de los diferentes proveedores de tecnología como los pasos seguidos para la selección de la solución óptima en materia de plataforma tecnológica

#### 7.1 Tecnología Seleccionada

Posterior al análisis teórico de factibilidad tecnológica mostrado en capítulos anteriores, DIGITEL procedió a celebrar un proceso no vinculante de R.F.I. (*Request for Information*) que buscaba indagar acerca de las principales propuestas tecnológicas existentes con respecto a soluciones en materia de banda ancha inalámbrica y cuya tabla resumen se encuentra en el anexo A. El documento de invitación al R.F.I. buscaba indagar acerca de tópicos como: *tecnología de acceso al medio, potencia de transmisión de la estación base, potencia de transmisión del terminal del suscriptor, umbral de recepción, tipos de modulaciones, bandas de frecuencia de operación, eficiencia espectral, máximo número de suscriptores por estación base, ancho de banda, máxima capacidad de transmisión por estación base y sistema de gestión* entre otros.

El lanzamiento de dicho documento pretendía invitar a diversas empresas proveedoras de tecnología a nivel mundial en conjunto con sus representantes comerciales en Venezuela. Se invitaron empresas como Alvarion, ArrayCom, Siemens, Nokia, Ericsson, ZTE, Huawei, Flarion, Kyocera, Airspan, RedLine, Tropos, Telcom, Colubris Network, Eprotel, Alcatel, Nortel, Cisco e Ingedigit entre las más relevantes.

Bajo múltiples razones conocidas y por conocer, varias de estas empresas proveedoras de tecnología se excusaron y se obtuvo respuesta solo de siete proveedores a saber:

Kyocera, Eprotel, Ericsson, ZTE, Huawei, Siemens y Alcatel.

Estas propuestas fueron estudiadas y compaginadas con los precisos requerimientos de DIGITEL para con esto elaborar el documento sustentativo de la próxima fase del proceso de selección de tecnología y proveedor, el RFP, el cual a la fecha de elaboración de este documento no se ha desarrollado.

Kyocera a través de su filial aquí en Venezuela Marubeni es socio comercial de ArrayComm, empresa desarrolladora de la tecnología iBurst, la cual Marubeni explicó ampliamente en su propuesta.

Así mismo, Eprotel, socio comercial de Alvarion y proveedor para este aquí en Venezuela ofreció una propuesta basada en la tecnología WiMAX (IEEE 802.16a), de la cual se hizo referencia en capítulos anteriores.

Por otro lado, Ericsson propuso una solución basada en WiMAX (IEEE 802.16-2004).

---

Así mismo, ZTE, Huawei y Siemens proponen soluciones basadas en el estándar IEEE 802.16-2004 para la banda de 3500 Mhz. A diferencia de las referidas, Siemens además de ofrecer su solución en esta banda, también la ofrece en las de 10,5, 26, 28 y 42GHz.

Por último, Alcatel presentó una propuesta mixta que se apoya en tecnología WiMAX (IEEE 802.16-2004) para el transporte en la red secundaria y WiFi (IEEE 802.11b) para la conexión de última milla.

Comparación entre propuestas:

### **Propuestas de Kyocera**

Kyocera ofreció una propuesta de tecnología de acceso a banda ancha centrada en última milla iBurst e IP en la red de transporte. El tráfico recogido por cada estación iBurst se enruta a través de un router/PDSN Cisco.

Las principales características de la propuesta son:

- La Estación Base es costosa en comparación a la cantidad de suscriptores que puede manejar (24 de manera simultánea).
- Esta propuesta está diseñada para implantar un gran número de estaciones bases para cubrir Caracas (Se estiman 70)
- Este sistema no puede conectarse a la red GSM/GPRS. Lo que traduce en que hay que desarrollar una plataforma alterna IP
- No permite planificación NLOS.
- Los costos de ejecutar esta solución son aproximadamente siete veces mayor que su competidor más cercano. (Lo que encarece realmente la solución es el número de Estaciones Base a adquirir y el equipo PSDN Cisco)
- No cuenta con OFDM

Esta propuesta, no es atractiva en función de los objetivos que persigue DIGITEL.

### **Propuesta de Eprotel**

Eprotel ofreció una propuesta de tecnología de acceso a banda ancha centrada en tecnología Wimax en la última milla. El tráfico recogido por cada estación WiMAX se enruta a través de transporte de Digitel.

Las principales características de la propuesta son:

- No cuenta con OFDM

- Los costos de ejecutar esta solución giran en torno a \$1MM
- Cuenta con múltiples ventajas frente a Kyocera y Alcatel

Esta propuesta es atractiva en función de los objetivos que persigue DIGITEL, ya que con una estación base se cubriría aproximadamente el 40% de Caracas. Por tanto y en su oportunidad se sugirió tomar en consideración dicha propuesta para el proceso de RFP.

### **Propuestas de Alcatel**

Alcatel ofreció una propuesta de tecnología de acceso a banda ancha centrada en tecnología WiFi (IEEE 802.11b) en la última milla y WiMAX (IEEE 802.16-2004) para el transporte. El tráfico recogido por cada estación WiFi se enruta a través de la red de transporte WiMAX hacia la red de Digitel.

Las principales características de la propuesta son:

- El acceso se hace a través de AccPoint WiFi (Rango de cobertura limitado)
- La propuesta no discrimina la cantidad de equipos requeridos para poner en funcionamiento y cursar tráfico a través de un AccPoint.
- La propuesta no especifica de manera clara y detallada, cuantos equipos se utilizan para desarrollar una red como la planteada por DIGITEL
- Los costos de implantar y ejecutar esta solución giran en torno a \$200mil
- Cuenta con múltiples ventajas frente a Kyocera y Eprotel

La principal desventaja que esta propuesta presenta es que no se tiene claro el precio total. Además, se requiere implantar un gran número de AccPoint para cubrir un área considerable, pudiendo ser por ejemplo un Access Point por cada piso de cada edificio a servir.

Esta propuesta es atractiva en función de los objetivos que persigue DIGITEL, el inconveniente es que se requieren muchos terminales WiFi y muchas rutas de transporte. Por tanto y en su oportunidad se sugirió tomar en consideración dicha propuesta para el proceso de RFP.

Esta propuesta ofrece una relación Costo/Beneficio altamente favorable para DIGITEL.

### **Propuesta de Ericsson**

Ericsson ofreció una propuesta de tecnología de acceso a banda ancha centrada en tecnología WiMAX (IEEE 802.16-2004) en la última milla. El tráfico recogido por cada estación WiMAX se enruta a través de redes de acceso WiMAX hacia la red de transporte de DIGITEL. Esta solución se apoya en equipos del proveedor AirSpan

---

Las principales características de la propuesta son:

- La propuesta ofrece soluciones basadas únicamente en 5Mhz y 10Mhz, limitando con esto la máxima tasa de transferencia por estación base
- La propuesta no define claramente la cantidad de equipos necesarios para instalar una estación base piloto
- Por otro lado cuenta con múltiples ventajas frente a Eprotel, Kyocera y Alcatel

Esta propuesta es atractiva en función de los objetivos que persigue DIGITEL, ya que con una estación base se cubriría aproximadamente el 55% de Caracas. Por tanto y en su oportunidad se sugirió tomar en consideración dicha propuesta para el proceso de RFP.

### **Propuesta de Siemens**

Siemens por su lado ofreció una propuesta de tecnología de acceso a banda ancha centrada en tecnología WiMAX (802.16-2004) en la última milla. El tráfico recogido por cada estación WiMAX se enrruta a través de redes de acceso PDH actualmente instaladas y operativas, hacia la red de transporte de DIGITEL. Esta solución propietaria (hasta que la certificación demuestre lo contrario) se apoya en equipos propios de Siemens.

Las principales características de la propuesta son:

- La propuesta ofrece soluciones basadas únicamente en 1.75Mhz y 3.5Mhz, limitando con esto la máxima tasa de transferencia por estación base. Siemens prevé actualizar sus equipos para operar con anchos de banda de 14Mhz lo cual permitirá una mayor capacidad por estaciones base
- Hay diseños fuera de la banda de 3500 Mhz y se encuentran en las bandas de 10,5, 26, 28 y 42 GHz los cuales se comercializan con el nombre de SkyWeb

### **Propuesta de ZTE**

Por otro lado, ZTE ofreció una propuesta tecnológica de acceso a banda ancha centrada en tecnología WiMAX (802.16-2004) para la última milla. El tráfico recogido por cada estación puede ser enrutado a través de redes de acceso PDH actualmente instaladas y operativas, hacia la red de transporte de DIGITEL. Esta solución propietaria (hasta que la certificación demuestre lo contrario) se apoya en equipos propios ZTE.

Las principales características de la propuesta son:

- Ofrecen soluciones basadas únicamente en 1.75Mhz y 3.5Mhz, limitando con esto la máxima tasa de transferencia por estación base
  - Opera solo en FDD
-

- No hay diseños fuera de la banda de 3500 Mhz
- Cuenta con múltiples ventajas frente a Eprotel, Kyocera y Alcatel

### **Propuesta de Huawei**

En este mismo orden de ideas, y respondiendo a la invitación Huawei ofreció una propuesta tecnológica de acceso a banda ancha centrada en tecnología WiMAX (802.16-2004) para la última milla. El tráfico recogido por cada estación también puede ser enrutado a través de redes de acceso PDH hacia la red de transporte de Digitel. Esta solución propietaria (hasta que la certificación demuestre lo contrario) se apoya en equipos propios de Huawei.

Las principales características de la propuesta son:

- La frecuencia principal de operación es: 3500Mhz, también operan en 2.4GHz y 5.8GHz
- Cuenta con OFDM
- Permite planificación NLOS
- Una estación base permite cubrir el 40% de Caracas

### **Resumen de Propuestas.**

De las siete propuestas analizadas, la más atractiva desde el punto de vista técnico y económico en cuanto a los objetivos inicialmente planteados es la ofrecida por ZTE, seguida muy de cerca por Ericsson, en tercer lugar Huawei, y en cuarto lugar Eprotel.

Como se aprecia, las propuestas fueron de amplio interés y altamente ajustadas a los objetivos perseguidos por DIGITEL, pero lamentablemente el análisis de estas propuestas afloró ciertos detalles de implementación que potencialmente ponían en peligro el desarrollo de una estación piloto.

El primero de ellos no es de índole técnico, sino regulatorio. Los equipos de RF para las soluciones WiMAX según como proponen los proveedores antes mencionados, operan en las siguientes bandas de frecuencias:

- Eprotel: 3500Mhz, también operan en 3.3GHz, 2.5/2.3GHz, 3.6-3.8GHz y 5.8GHz
  - Ericsson: 3400-3500MHz también 4.9-5.0GHz (5 o 10Mhz), 3.6-3,7GHz(10.5Mhz), 5,47-5,72GHz
  - ZTE: 3500Mhz, también operan en 2.4GHz y 5.8GHz
-

- Huawei: 3500Mhz, también operan en 2.4GHz y 5.8GHz
- Siemens: 3500Mhz, también operan en 10,5, 26, 28 y 42 GHz
- Alcatel, Frecuencias para el acceso WiFi (2,4 y 5,8).
- Kyocera: 1910Mhz y 1790Mhz.

La operación basada en las bandas de frecuencias antes mencionadas deben cumplir los siguientes requisitos legales:

Según el CUNABAF (Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias) y CONATEL, la banda comprendida entre 3400-3600Mhz esta atribuida a WLL y responde a la Nota V23 del referido cuadro.

V23: La banda de frecuencias comprendida entre 3400-3600 MHz está atribuida al servicio fijo para aplicaciones del tipo acceso fijo inalámbrico (FWA).

Las otras bandas recomendadas, la de 2.5/2.3, en el CUNABAF responden a la nota V21 y están atribuidas para el cumplimiento de obligaciones de servicio universal y uso gubernamental.

V21: La subbanda de frecuencias comprendida entre 2300-2400 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 subbanda de frecuencias para uso gubernamental.

De conformidad con el anexo 2 de la Recomendación de la Unión Internacional de Telecomunicaciones N° UIT-R 746, la porción del espectro radioeléctrico comprendida entre 2300-2480 MHz es utilizada para la operación de sistemas microondas.

Por otro lado, la porción comprendida entre 3700 y 4200Mhz según nota V24, está atribuida a enlaces de microondas de transporte o Punto a Punto (A lo que en reciente entrevista con funcionarios de CONATEL, manifestaron que la referida es inconveniente a los intereses de DIGITEL)

V24: De conformidad con la Recomendación de la Unión Internacional de Telecomunicaciones N° UIT-R 635-5, la banda de frecuencias comprendida entre 3700-4200 MHz es utilizada para la operación de sistemas microondas punto a punto.

Esta banda se comparte también con los radiocanales de la subbanda de frecuencias comprendida entre 3800 a 4200 MHz, conforme al plan de frecuencias establecido en la Recomendación de la Unión Internacional de Telecomunicaciones N° UIT-R 382-7.

Por ultimo, la banda de frecuencias de 5,8Ghz, cuentan con los mismos atributos de la banda no licenciada de 2,4GHz y responde a la nota V26

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.

Por lo que se considera que las frecuencias sugeridas en este caso por Eprotel para su solución basada en WiMAX, son inconvenientes.

Nota 1: De la banda de frecuencias del espectro perteneciente a WLL, CONATEL informó que la porción perteneciente a la sub banda D-D' esta reservada para la empresa CANTV y en caso de que esta renuncie a esta reserva, se podrá adjudicar.

Ericsson (Tecnología WiMAX): 3400-3500MHz también 4.9-5.0GHz (5 o 10Mhz), 3.6-3,7GHz(10.5Mhz), 5,47-5,72GHz (10Mhz)

Como se mencionó en párrafos anteriores, la bandas de frecuencias 3400-3500Mhz es inconveniente a los intereses de DIGITEL, salvo la consideración emitida en la Nota 1.

La Banda 4900-5000Mhz es utilizada para operación de sistemas de transporte o Punto a Punto y responden a la nota V25

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.

Para la porción comprendida entre 3600 y 3700 MHz, el CUNABAF no presenta información clara, pero permite interpretar que es una porción reservada y no utilizada para garantizar que no exista interferencia entre los servicios WLL (3400-3600MHz) y los de transporte (3700-4200MHz).

Por ultimo, la porción comprendida entre 5,47Ghz y 5,72Ghz, según el CUNABAF, cuenta con atributos de Radionavegación, Radiolocalización, Radionavegación-Marítima, servicios de aficionados e investigación espacial.

De lo anteriormente expuesto, se concluye que las frecuencias sugeridas por Ericsson para su solución basada en tecnología WiMAX son inconvenientes, a menos que se explote el servicio en las regiones 4 y 5 donde para la fecha de elaboración de esta investigación, DIGITEL y DIGICEL tienen concesión.

Alcatel (Tecnología WiMAX/WiFi) Frecuencias para el acceso WiFi (2,4 y 5,8)

La solución propuestas por Alcatel, se apoya en estaciones base de poca cobertura geográfica (de 300mts) que operan en bandas no licenciadas de 2400Mhz (Nota V21) y 5800 (Nota V26) anteriormente referidas, lo que permite concluir que estas frecuencias son convenientes si y

---

---

solo si se decide implantar una solución mixta WiMAX/WiFi, de lo contrario son inconvenientes.

Nota: La propuesta de Alcatel no refleja las características de los enlaces de transporte (Tipo punto a punto y de tecnología WiMAX)

Kyocera (iBurst): Frecuencias: 1910Mhz y 1790Mhz (5Mhz).

Por ultimo, y como ya se mencionó, Kyocera en su propuesta, sugiere operación en las bandas de frecuencia: 1910Mhz y 1790Mhz, pero para el CUNABAF las bandas de frecuencias de 1790MHz y 1900MHz posee atributos de Telefonía Móvil y ambas responden a la nota V20 del referido cuadro.

V20: Las porciones del espectro radioeléctrico comprendidas entre 1710-1730 MHz, 1805-1825 MHz, 1885-1980 MHz y 2110-2170 MHz están atribuidas, específicamente, al atributo de telefonía móvil.

Lo que permite concluir que estas Frecuencias son convenientes a los intereses de DIGITEL TIM.

La vía de solución al problema de las radiofrecuencias contempló en principio tres fases que debían ejecutarse y completarse una a continuación de la otra.

**La primera:** Hurgar en el CUNABAF en busca de bandas de frecuencias libres (Sin adjudicación) reservadas para servicios de acceso fijo inalámbrico y/o bandas reservadas para servicios punto a multipunto.

**La segunda:** solicitar a CONATEL la concesión para operar en las bandas seleccionadas y por último.

**La tercera:** Luego de la aprobación por parte del ente regulador, negociar con los proveedores, el desarrollo de una solución particular para DIGITEL TIM basada en las bandas de frecuencias concesionadas por CONATEL.

En cuanto a la primera fase, al estudiar el CUNABAF en busca de bandas atribuidas a enlaces de distribución (Punto-MultiPunto), factibles a los intereses de DIGITEL, se consiguió lo siguiente:

La banda 1427Mhz-1530Mhz esta destinada para operación de enlaces de distribución (Punto-MultiPunto) de 4Mbps, convenientes a los intereses de DIGITEL que responden a la nota V19

V19: De conformidad con la Recomendación de la Unión Internacional de Telecomunicaciones N° UIT-R 746, las bandas de frecuencias comprendidas entre 1427-1530 MHz se utilizan para la operación de sistemas punto-punto y punto-multipunto de 4 Mbps de capacidad y con separación entre radiocanales de 3,5 MHz.

Por otro lado, y como se refirió en la nota V20, las bandas 1710-1730, 1805-1825, 1885-1980 y 2110-2170 cuentan con atributos de telefonía móvil, altamente convenientes a los intereses de DIGITEL.

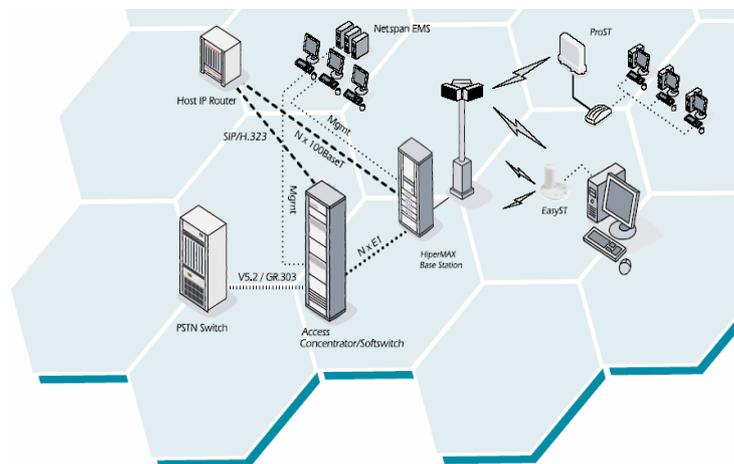
Para finalizar, la nota V22 establece claramente que la porción del espectro comprendida entre los 2500MHz-2686MHz cuenta con atributos de difusión por suscripción en 6Mhz de ancho de banda, la cual también es conveniente a los intereses de DIGITEL

V22: La porción del espectro radioeléctrico comprendida entre 2500-2686 MHz está atribuida, entre otros, al atributo de difusión por suscripción, con ancho de banda por canal de 6 MHz.

Nota: Las bandas asignadas para tercera generación UMTS, 1800 y 1900 están actualmente siendo estudiadas por CONATEL.

Luego de analizada la factibilidad del uso de estas frecuencias y oída la sugerencia de CONATEL ante esta solicitud, se concluyó que la banda potencial de uso, era la de 1800Mhz.

Esta sugerencia, acompañada del hecho de que la banda de 1800Mhz está actualmente en estudio por parte del ente regulador para asignarla a servicios de 3G y aunada al eminente desarrollo de soluciones particulares por parte de los proveedores, la cual como se sabe, abultaría notablemente el desarrollo de la solución, condujo a pensar en operar en la banda de 3500Mhz, para la zona de concesión de DIGITEL y DIGICEL y negociar con el ente regulador, la adjudicación de la concesión para operar en esta banda pero en las otras tres regiones del país.



Fuente: AirSpan, 2005

Fig. 7.1  
Arquitectura básica de un sistema WiMAX de AirSpan

A este nivel, y con miras a celebrar el proceso de R.F.P. (*Request For Propossal*), resta diseñar una propuesta de **Prueba Piloto** basada en la arquitectura mostrada en la Fig. 7.1. La referida figura hace ligera mención a los equipos requeridos tanto en el extremo de usuario como en el de red para el establecimiento de una sesión IP con una solución As.MAX de

AirSpan. Nótese que para la implantación de una estación piloto de prueba, no es necesario un sistema de facturación ni de gestión. Lo único requerido es la estación base, el Softswitch/Media Gateways y el terminal de usuario, pero bajo esa configuración, la referida estación no se podrá gestionar desde la sede remota de DIGITEL y cursará tráfico, pero no en operación comercial. Para que curse tráfico y sea económicamente atractiva a los ojos de DIGITEL TIM, es necesario incluir equipos y plataformas que garanticen la óptima operación de la referida estación, es necesario entonces instalar sistemas operativos de facturación y gestión, que muchas veces y dependiendo del proveedor, será integrable o no a la plataforma de gestión y facturación de DIGITEL TIM, además de integrar en el sistema núcleo equipos y servidores de I.S.P.

Nótese que para esta configuración, el enlace desde la estación base al SoftSwitch/Media Gateway se hará a través de enlaces PDH/SDH, encargándose este (SoftSwitch/MG) de entregar tráfico a terceras operadoras mientras que lo referente a la conexión con los servidores principales, firewalls y demás equipos de la red núcleo se hará a través de una interfaz Nx100BaseT. Es de recalcar que todos los enlaces de datos que se utilizarán para este fin son inalámbricos y sustentados en enlaces punto a punto con tecnología PDH/SDH, salvo ciertas configuraciones donde los lineamientos económicos dicten la premisa de instalar enlaces punto a punto o punto a multipunto con tecnología WiMAX, por ello, tanto el tráfico bruto por usuario, como el de gestión, alarmas etc. viajara a través de los referidos enlaces PDH/SDH.

El instalar una estación base WiMAX se ve fuertemente impactada por los costos asociados a la concesión que debe emitir el ente regulador para garantizar la operación y prestación legal de los servicios referidos en capítulos anteriores.

### **Cálculo de Cobertura Geográfica.**

Luego de una simulación con softwares predictores de cobertura y bajo la óptica y la sencillez de la planificación NLOS, al ubicar de manera precisa una estación base de tecnología WiMAX en franca coexistencia con una de las estaciones considerada como centro neural de DIGITEL localizada en un sitio privilegiado, que permite un amplio dominio visual de la ciudad de Caracas y con un rango de cobertura (de la estación WiMAX) de 6Km para la frecuencia de 3.5Ghz, se estima la cobertura de por lo menos el 40% de la ciudad.

La ubicación de esta estación WiMAX permite cubrir zonas de Caracas como Chuao, Altamira, El Rosal, Sta Fe, Sta Ines, Las Mercedes, Los Chaguaramos, Ciudad Universitaria, Plaza Venezuela, Bellas Artes, Sabana Grande, Chacao, Montalban y el Centro. Zonas de Caracas donde se concentra alta densidad de población y confluyen entre otros los estratos económicos: B,C y D.

### **Arquitectura y Equipos a Utilizar en la Prueba Piloto**

La Fig. 7.5 muestra la arquitectura y equipos mínimos necesarios para constituir una estación piloto. Esta estación base (prueba piloto), consta del equipo de estación base con sus antenas, el radio para establecer el enlace punto a punto con otra central que servirá de enrutador o repetidora, esta ultima también cuenta con sus respectivas antenas y está compuesta de: los

equipos (tanto radio como antenas) para el radio enlace punto a punto, a cuya salida, el tráfico puede salir en interfaz PDH/SDH (E1's) o en interfaz Ethernet (de datos) en configuración IP.

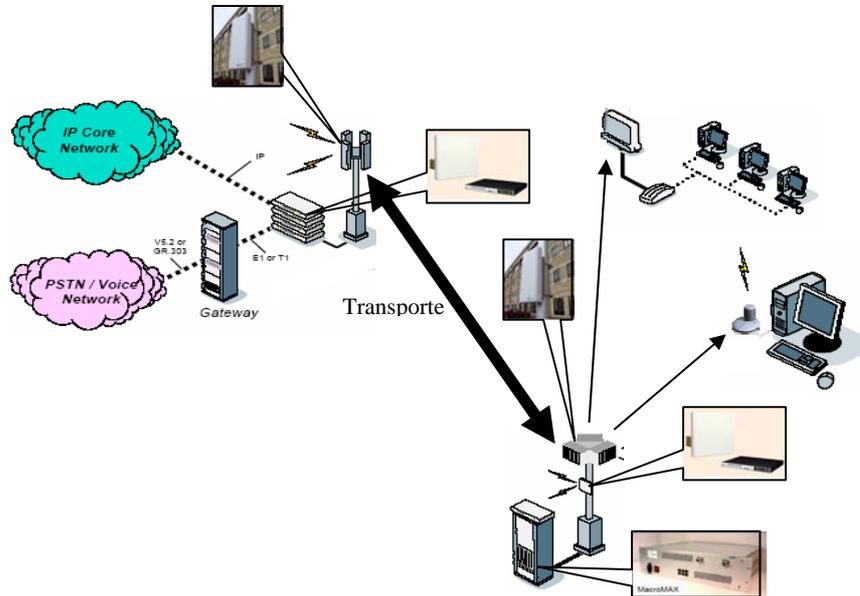


Fig. 7.2  
Arquitectura de la prueba Piloto

### Características de los equipos:

La Fig. 7.3, muestra la apariencia física de la estación base WiMAX, solución tecnológica producida por la reconocida empresa proveedora AirSpan. En los anexos encontrará un resumen de las principales características y bondades de este equipo. El referido equipo cuenta solamente con interfaz Usuario/Red de 100BaseT/1000BaseT Ethernet, lo que traduce que este equipo entrega todo el tráfico recogido (sea voz y/o datos) en el formato Ethernet al radio que servirá de transporte y este, hará la posterior discriminación. Otra opción que se tiene en cuanto a BTS, es utilizar una de menor capacidad, la HiperMax, pero este equipo cuenta con bondades, consumo de potencia y costos inconvenientes para establecer una prueba piloto.

La Fig. 7.3, muestra la apariencia física de la estación HiperMAX. Este equipo presenta un conjunto de bondades y características atractivas para una penetración de mercado a gran escala y para inundar de señal una importante área geográfica (7Km en L.O.S. y 3.5Km en N.L.O.S.), está diseñado para ser instalado en un bastidor o *rack* ETSI y en el ambiente *indoor* de una caseta de telecomunicaciones normal.

Otro componente fundamental de este sistema es el enlace punto a punto que traerá el tráfico desde la estación base hasta el sistema núcleo de DIGITEL TIM. Este enlace está conformado por el par de radios y sus respectivas antenas, tal como muestran las Fig.s 7.2 y 7.3. Las referidas figuras muestran la apariencia física del radio PimeMAX, radio capaz de transportar

datos en un enlace punto a punto con tecnología WiMAX y multiplexación OFDM. Las principales características de este radio se encuentran en el anexo B. Pero para complementar y tener una visión más amplia de la potencialidad de este radio, podemos decir que es capaz de transportar la información proveniente de una estación base.



BTS MacroMax



Radio PrimeMAX



BTS HiperMAX

Fuente: AirSpan, 2005

Fig. 7.3

### Equipos para la puesta en operación de una prueba piloto

La información transmitida/recogida por este enlace punto a punto, será entregada a la red de transporte de DIGITEL a través de routers de borde y de entrada en el caso de que los datos viajen en formato Ethernet o a través de multiplexores en caso de que el tráfico viaje en formato PDH/SDH. Para esto una de las principales bondades de este radio punto a punto y que se puede ver en las especificaciones técnicas localizadas en el anexo B, es que dicho radio tiene dos puertos básicos de entrada/salida de datos. Uno en interfaz Ethernet y el otro en interfaz PDH/SDH.

Debido a que el objetivo principal de la prueba piloto es el probar las bondades de la tecnología OFDM y la versatilidad de la solución escogida, solo desde el punto de vista técnico, no se requerirán sistemas pertenecientes al plano de control como lo son el AAA, el sistema de facturación (*Billing*) e incluso el sistema de gestión. Los referidos sistemas son estrictamente necesarios a la hora de pretender que estos equipos pasen de una simple prueba piloto a cursar tráfico comercial.

Los datos serán entonces recogidos por la estación base, serán enviados a través de las redes de baja capacidad hacia la red de transporte y este los entregará al sistema núcleo en la central principal de DIGITEL, para con esto entregárselo al proveedor de servicios de Internet (I.S.P.) externo.

CAPITULO VIII  
Desarrollo de la prueba piloto

---

## CAPITULO VIII

### Desarrollo de la prueba piloto

En paginas anteriores se indico que producto de la elaboración y lanzamiento de un documento no vinculante de R.F.I. (*Request for Information*), se interesaron y enviaron propuestas importantes empresas proveedoras de tecnologías como Ericsson, Eprotel, Kyocera etc. Del primer estudio de dichas ofertas y propuestas se acordó seleccionar las tres mas atractivas a los intereses perseguidor por DIGITEL e invitarlas a participar en la segunda fase del proceso licitatorio, al enviarles un documento medianamente vinculante de R.F.P. (*Request for Proupose*), con el cual se pretende indagar en profundidad acerca de los detalles técnicos, interfaces y conexiones de las referidas soluciones para con la red GSM/GPRS y SDH actualmente operativa.

Dentro de las cláusulas contenidas en el referido documento de RFP se acuerda con la empresa seleccionada a ser proveedora de tecnología para la implementación de tecnologías de banda ancha inalámbrica para DIGITEL, el suministrar todos los equipos e interfaces necesarias y correspondientes para la exitosa operación comercial de una estación base, quedando por parte de DIGITEL suministrar únicamente la infraestructura civil necesaria. En otras palabras, DIGITEL acuerda instalar todos los equipos requeridos en una de sus estaciones base, comprometiéndose a reservar en dicha estación, la energía eléctrica que requerirán dichos equipos, el espacio en torre donde se alojaran los arreglos de antenas correspondientes y el espacio físico para la estación (I.D.U.) dentro de la caseta como el espacio necesario para el tendido de cables desde la I.D.U. hasta la O.D.U. Quedando acordado también que la empresa proveedora de tecnología deberá suministrar todos los equipos, cables y conectores necesarios para que el sistema curse tráfico de manera optima.

Debido a que las intenciones de DIGITEL con respecto a esta prueba es estudiar en tiempo real las bondades de la tecnología OFDM y las capacidades de la solución propuesta por el proveedor, se le deja a este total potestad en cuanto a equipos, sistemas, calculo de cobertura y demás labores de ingeniería requeridas, bajo la óptica de que si esta prueba no satisface las expectativas de DIGITEL, la misma será rechazada trayendo como consecuencia la descalificación inmediata del proveedor.

Por razones de estricta confidencialidad, en este documento no se pueden reflejar datos como, estación que alojara la prueba piloto, fecha de implantación de la prueba, área geográfica que cubrirá, potencia de transmisión, numero de terminales de usuarios en operación simultanea, velocidad de transmisión promedio, etc.

CAPITULO IX  
CONTRIBUCIONES ADICIONALES

---

## CAPITULO IX

### Contribuciones Adicionales

El siguiente capítulo expone el conjunto de proyectos desarrollados y que pueden ser sustentados por la plataforma tecnológica seleccionada.

#### 9-1. CONTRIBUCIONES ADICIONALES

Los conocimientos plasmados a lo largo de este documento sirvieron de base conceptual para la participación activa en la realización del análisis de factibilidad de los siguientes proyectos:

Proyecto WLL a nivel nacional e Implementación de tecnología VoIP en los centros de comunicaciones de DIGITEL.

Para el Proyecto WLL a nivel nacional, cuyo objetivo fundamental es el estudio de factibilidad para la implementación de una plataforma tecnológica a nivel nacional para la prestación de servicios de telefonía fija e Internet en banda ancha requirió ejecutar las siguientes actividades:

- Proyección de la captación de mercado de telefonía fija y conexión a Internet para los próximos 10 años.
- Visualización de los 4 escenarios más probables en cuanto a la factibilidad de este proyecto
- Análisis de cobertura geográfica y estimación del número de estaciones WiMAX necesarias para obtener presencia a nivel nacional.
- Análisis de cobertura geográfica y estimación del número de estaciones WiMAX necesarias para cubrir la demanda de tráfico requerida por el número de suscriptores que se proyecta captar.
- Análisis de cobertura geográfica y estimación del número de estaciones GSM necesarias para obtener presencia a nivel nacional.
- Análisis de cobertura geográfica y estimación del número de estaciones GSM necesarias para cubrir la demanda de tráfico requerida por el número de suscriptores que se proyecta captar.
- Estudio del impacto originado por ambas opciones en la red de transporte de DIGITEL TIM
- Análisis tecno-económico de ambas soluciones
- Comparación y análisis FODA, entre ambas soluciones para facilitar la toma de decisiones en cuanto a la tecnología a implantar como conclusión de este proyecto.

Para la implantación de tecnología VoIP en los centros de comunicaciones de DIGITEL TIM, cuyo objetivo fundamental es el estudio de las bondades de las tecnologías de acceso para manejar VoIP, se requirió ejecutar las siguientes actividades:

- Estudiar la estructura de los centros de comunicaciones de DIGITEL TIM
- Estudiar los requerimientos mínimos necesarios para la implantación de VoIP dentro de los centros de comunicación de DIGITEL TIM

- Estudiar la propuesta técnica y económica de los diferentes proveedores en materia de Voz y teléfonos IP.

---

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

Luego de haber estudiado y analizado el conjunto de tecnologías de banda ancha inalámbrica disponibles a nivel mundial y luego de haber sugerido una de ellas como optima a los requerimientos y objetivos perseguidos por DIGITEL se concluye lo siguiente:

- Existen básicamente 3 tecnologías que cumplen los requisitos de DIGITEL, las cuales son iBurst, WiMAX y Flash-OFDM, además, como se sabe, en este mundo globalizado y asediado por grandes olas de fusiones adquisiciones donde el futuro tecnológico es incierto, para la fecha en donde fue escrito este documento, la tecnología optima a los requerimientos de DIGITEL es WiMAX.
- Es factible la implantación de una e incluso dos pruebas pilotos con sede en Caracas para evaluar en caliente las bondades de dicha tecnología y la solución comercial que proponen los proveedores.
- Instalar una estación piloto WiMAX además de permitirle a DIGITEL ofrecer servicios complementarios a los actualmente ofrecidos con su red GDM/GPRS acerca a dicha plataforma a una red “All IP”
- La Implementación de una plataforma WiMAX le permitirá a DIGITEL incrementar tanto su cartera de clientes como su portafolio de servicios pudiendo este ultimo igualar o superar al de sus principales competidores.

De lo anteriormente descrito, recomendamos entonces lo siguiente:

- Continuar con el estudio de las tecnologías de acceso a banda ancha inalámbrica y su eficaz incorporación a la plataforma de telecomunicaciones GSM/GPRS de DIGITEL
- Estar expectantes ante las fluctuaciones y reveses del panorama tecnológico mundial, ya que debido a la inmensa ola de fusiones y adquisiciones mencionada anteriormente, puede que el análisis ejecutado hasta la fecha, en cuestión de meses no represente valor estratégico para Corporación DIGITEL.
- Se recomienda celebrar un proceso de R.F.P.
- Se recomienda la implantación de una prueba piloto en la ciudad de Caracas para estudiar las fortalezas y debilidades de la solución propuesta por los proveedores que resulten ganadores en el proceso de R.F.P.
- Recomendamos ejecutar de manera simultánea tanto este proyecto de banda ancha inalámbrica como el de estudio de factibilidad para convertir a DIGITEL en un I.S.P. Ambos proyectos, después de ejecutados y en perfecta operación comercial convertirán a DIGITEL en una Corporación multiservicios.

---

**BIBLIOGRAFIA**

Ahonen T, (2000). Services for UMTS, creating Killers applications in 3g. U.S.A. Wiley

AirSpan (2005) A complete range of WiMAX solutions. DIGITEL TIM Documento Interno.

Cardozo G, (2005). Situación actual de la plataforma de DIGITEL TIM. Entrevista Personal. Caracas. Venezuela.

CONATEL (2000). **Ley Orgánica de Telecomunicaciones** Venezuela. Imprenta Nacional

CONATEL (2006). Principales resultados del Sector Telecomunicaciones al cierre del 2005. Consultado el 25 de Febrero del 2006. De la pagina WEB [http://www.conatel.gov.ve/indicadores/Indicadores2005/resultados\\_sector\\_al\\_cierre\\_2005.pdf](http://www.conatel.gov.ve/indicadores/Indicadores2005/resultados_sector_al_cierre_2005.pdf)

Craig, W (2005) ZigBee: Wireless Control That Simple Works. DIGITEL TIM. Documento Interno.

Datanalisis (2005). Indicadores de Penetración y uso de Internet en Venezuela. Consultado el 16 de Junio del 2005. De la pagina WEB <http://www.datanalisis.com.ve/detalle.asp?id=280&plantilla=14>

Datanalisis (2006). Indicadores de Penetración y uso de Internet en Venezuela. Consultado el 25 de Febrero del 2006. De la pagina WEB <http://www.datanalisis.com.ve/detalle.asp?id=280&plantilla=14>

D-Link. (2005). D-Link Partner Certifications for Wireless. Material Didáctico. D-Link/DIGITEL. Caracas.

Ericsson (2005), Propuesta tecnológica para DIGITEL TIM. DIGITEL TIM. Documento Interno.

Gary Kessler y Meter Southwick. (2001). **RDSI Conceptos, Funcionalidades y Servicios**. España. Mc Graw Hill.

Grenier E., Roger-Machart, V. (2005) Planning a Wimax network with ICS telecom nG. Consultado el 20 de Mayo del 2005. De la pagina WEB [http://www.atdi-us.com/WP\\_WiMAXplanning\\_ICStelem\\_nG.pdf](http://www.atdi-us.com/WP_WiMAXplanning_ICStelem_nG.pdf)

INTEL (2004) Broadband Wireless: The New Era in Communications. DIGITEL TIM. Documento Interno.

INTEL (2004) Understanding WiMAX and 3g for portable/mobile broad band wireless. DIGITEL TIM. Documento Interno.

- 
- INTEL (2005) Deploying License-Exempt WiMAX Solution. DIGITEL TIM. Documento Interno.
- Junquera, R. (2005), Telesemana. Edición del 19-04-2005. Revista Tecnológica. Miami. U.S.A.
- Kotler, P., Cámara, D., Grande I., Cruz I. (2000). Dirección de Marketing. España. Editorial Prentice Hall.
- Laroya, R. (2004) The All Ip, Packet-Switched Approach to Mobile Broadband Communications. DIGITEL TIM. Documento Interno.
- Marcano, D. (2005). Acceso Inalámbrico Banda Ancha. Material Didáctico. FUNINDES/USB. Caracas.
- Marubeni (2005) Propuesta Tecnológica de Soluciones Inalámbricas de Banda Ancha. DIGITEL TIM. Documento Interno.
- MBOA (2004). High-speed, Short-range technology with far-reaching effect. DIGITEL TIM. Documento Interno.
- Pérez, M. (2005). Precio, Promoción, Plaza y Canales de Distribución. Entrevista Personal. Caracas. Venezuela.
- Quinn, L., Metha P., Sicher A. (2005). Wireless Communications Technology Landscape. Consultado el 15 de Abril del 2005. De la pagina WEB [http://www.dell.com/downloads/global/vectors/2005\\_wireless\\_landscape.pdf](http://www.dell.com/downloads/global/vectors/2005_wireless_landscape.pdf)
- RedLine Communications. (2005) F\_Brochure\_International. DIGITEL TIM Documento Interno.
- Suarez, V. (2005). Inside Telecom. Revista Tecnológica. Caracas. Venezuela.
- Tanenbaum, A. (2003). Redes de Computadoras. México. Prentice Hall
- U.M.A. Technology (2005) Consultado el 22 de Junio del 2005. De la pagina WEB <http://www.umatechnology.org/specifications/index.htm>
- WiMAX Forum (2005) WiMAX's technology for LOS and NLOS enviroments. DIGITEL TIM Documento Interno.
- Zou, F. Jiang, X. Lin, Z. (2004) IEEE 802.20 Based Broadband Railroad Digital Network – The Infrastructure for M-Commerce on the Train . DIGITEL TIM. Documento Interno.
-

## LISTA DE ACRONIMOS

**3G:** Tercera generación de telefonía móvil

**4G:** Cuarta generación de telefonía móvil

**AB:** Ancho de banda.

**BackHaul:** Sinónimo de Backbone y/o enlace punto a punto

**BSC:** Estación Controladora de Estaciones Base

**BTS:** Base Transceiver Station.

**CAPEX:** Capital Expenditure

**Carrier:** Servicio comercial de transporte de información cuyos clientes finales están conformados por empresas generadoras de información que desean sea transportada.

**CDMA:** Code digital multiple access

**COW:** Cell on Weel

**CUNABAF:** Cuadro nacional de atribución de frecuencias

**DownLink:** Enlace de Bajada (Enlace de microondas que transmite información desde la estación base al terminal).

**EDGE:** Enhanced Data For GSM Evolution

**Estrato Tipo B:** Clase media Alta.

**Estrato Tipo C:** Clase Media.

**Estrato Tipo D:** Clase media Baja.

**EV-DO:** Evolution data only

**EV-DV:** Evolution Data & Voice

**FDD:** Frequency Division Duplex.

**Flash-OFDM:** Fast Hooping, Fast, Low Latency Access with Seamless Handoff-OFDM

**GSM:** Global sistem for mobile communication

**GPRS:** General packet radio service

**HandOff (HandOver):** Paso de la zona de cobertura de una estación base a otra zona de otra estación base o equipos de red similares.

**I.S.P.:** Internet Service Provider

**L.O.S.:** Línea de Vista.

**N.G.N.:** Next Generation Network

**N.L.O.S.:** Sin Línea de Vista.

**OFDM:** Multiplexación con Portadoras Ortogonales

**OPEX:** Operational Expenditure

**Performance:** Desempeño.

**QoS:** Calidad de Servicio desde el punto de vista de los requerimientos de voz, video o algún formato de data sensible a retardo y latencia.

**RAN:** Radio Access Network

**RFI:** Request For Information.

**RFP:** Request For Propossal

**TDD:** Time división Duplex.

**UTRAN:** Unlicenced terestrial radio access network

**UpLink:** Enlace de Subida (Enlace de microondas que transmite información desde el terminal hacia la estación base).

**WCDMA:** Wide CDMA

**WiMAX:** WorldWide Interoperability for Microwave Access

**WISP:** Wireless ISP. I.S.P. cuya red de acceso es inalámbrica

# ANEXOS

**ANEXO A**  
**Tabla Resumen del documento R.F.I.**

Empresa:	
----------	--

Nombre de la Solución	
Estándar	

<i>De la BTS al Terminal de Usuario</i>	DownLink (Mbps)	UpLink (Mbps)
Velocidad (Mbps)		

<i>Del Terminal de Usuario a la BTS</i>	DownLink (Mbps)	UpLink (Mbps)
Velocidad Promedio (Mbps)		
Velocidad Maxima (Mbps)		
Velocidad Minima (Mbps)		

No de portadoras

Frecuencia de Operación (Ghz)		
-------------------------------	--	--

<i>Radio de Cobertura</i>	LOS	NLOS
Radio (Km)		

	BTS	Terminal
Potencia de Tx (PIRE) (dBm)		
Ganancia y numero de antenas (dB)	Ganacia	Numero
Nivel de Rx (dBm)		
Umbral Rx (dBm)		

Bandas adicionales de operación(Ghz)	
--------------------------------------	--

Eficiencia Bits/S/Hz	
----------------------	--

AB de portadora (Mhz)			
Fraccionable?	No ( )	Si ( )	En Cuanto?

Cuenta con Modulación Adaptativa?	Si ( )	No ( )
Tipo de modulación		

Tecnologia de Acc Medio	CDMA ( )	OFDM ( )	SDMA ( )
	Flash OFDM ( )	TDMA ( )	FDMA ( )
	Otra:		

Opera en:	FDD ( ) Ninguna ( )	TDD ( ) Otras:	Ambas ( )
Usuarios por Estación Base			
	Config. Máxima	Config. Estandar	Config. Mínima
Densidad de Usuarios			
Numero de BTS por BSC			
Comentario			
Interfaz entre el usuario y la BTS			
	Residencial	Coorpotativo	
Velocidad Promedio Sugerida (Kbps)			
Volumen Datos Sugerido (MegaByte)			
Mercado al que atacaría			
Permite HandOff	Si ( )	No ( )	
Ofrece QoS	Si ( )	No ( )	
Latencia (ms)			
Cuenta con Repetidor	Si ( )	No ( )	
Antenas Inteligentes	Si ( )	No ( )	Opcional ( )
	<i>Eficiencia con antenas inteligentes</i>		
	<i>Eficiencia sin antenas inteligentes</i>		
Posibilidad de compromiso	Si ( )	No ( )	
Usos	Telefonia Fija ( )	Telefonia Movil ( )	Internet Fija ( )
	Internet Movil ( )	Carrier de Datos( )	
	Paraguas de redes Internas ( )		
	Otros		

Puede su tecnología servir de Backhaul?	Si ( )	No ( )
---	--------	--------

Costo Unitario de Equipos	Máxima Capacidad	Capacidad Estandar	Mínima Capacidad
Access Point			
Access Point Controller			
Lan Switch			
Multiservice Access Point			
Billing Software			
Management Software			
Servidores			
Otros			
Costo Unitario Total (\$/MegaByte)			
Costo de Interfaz de usuario (\$)			
Costo total de la solución			

Autentican Clientes GSM/GPRS/EDGE	Si ( )	No ( )
-----------------------------------	--------	--------

Resumen por capas	Cantidad	Precio de Lista	
BTS/Antenas			Equipos Red Acceso
BSC/ApControllers			Equipos Red Secundaria
Switch/Otros			Equipos Red Core
Otros			Equipos Gestion/Monit.

Poseen Oficinas de Atención Técnica	Si ( )	No ( )
-------------------------------------	--------	--------

Instalan Llave en Mano?	Si ( )	No ( )
-------------------------	--------	--------

Aceptan sus equipos protocolos:	SNMP( )	Q3( )	Otro( )
	Cual:		

Consideran Revenue Share?	Si ( )	No ( )
---------------------------	--------	--------

Maneja Velocidades de 100Kbps?	Si ( )	No ( )
--------------------------------	--------	--------

Voltage de Operación	110V ( )	220V ( )	-48 ( )
----------------------	----------	----------	---------

Amperaje de Linea	( )	Aprer
-------------------	-----	-------

Frecuencia de Operación	( )	Hz
-------------------------	-----	----

**ANEXO B**  
**Equipos y Componentes de una red WiMAX**