



TESIS
GCTI 2002
N3

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
Dirección General de Estudios de Post-Grado
Dirección de Formación Continua

ESCUELA DE ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL DE ESPAÑA

Diploma de Estudios Avanzados
en Gestión de las Comunicaciones
y Tecnologías de Información

PROYECTO FINAL

“Uso del Espectro Radioeléctrico de la Banda Libre
para las Comunicaciones de Datos Inalámbricos
de Alta Velocidad en Localidades Definidas.

Caso de Estudio:
Un Campus Universitario en Venezuela”

AUTORES:

Ing. Narváez González, Mayra Celenia.
Ing. Sepúlveda Priegues, Edgar José
Ing. Pace Luise, Carmelo Vicente

ASESORES:

Ing. Lobo, Teodoro
Lic. Montes, Carlos
Lic. Pereira, Inés

Caracas, Abril, 2002.



**Universidad Católica Andrés Bello
Escuela de Organización Industrial de España
Diploma de Estudios Avanzados en
Gestión de las Comunicaciones y Tecnologías de la
Información**

**Uso del Espectro Radioeléctrico de la Banda Libre
para las Comunicaciones de Datos Inalámbricos de
Alta Velocidad en Localidades Definidas.
Caso de Estudio:
Un Campus Universitario en Venezuela**

Profesor Guía: Ing. Teodoro Lobo

**Tutores: Lic. Carlos Montes
Lic. Inés Pereira**

Integrantes:

**Ing. Mayra Narváez
Ing. Edgar Sepúlveda
Ing. Carmelo Pace**

Abril 05, 2002

Indice

| | |
|--|----|
| 1. Introducción | 1 |
| 2. Antecedentes | 1 |
| 3. Justificación | 2 |
| 4. Planteamiento de la situación actual | 2 |
| 5. Objetivos | 2 |
| 5.1 Objetivo general | 2 |
| 5.2 Objetivos específicos | 2 |
| 6. Delimitantes del estudio | 3 |
| 6.1 Delimitantes Cronológicas | 3 |
| 6.2 Delimitantes Técnicas | 3 |
| 6.3 Delimitantes Administrativas | 3 |
| 7. Bases de conocimientos: redes inalámbricas | 3 |
| 7.1. Redes inalámbricas | 3 |
| 7.2. Descripción del estándar 802.11 | 7 |
| 7.3. Tecnologías inalámbricas existentes | 8 |
| 7.3.1. Tecnologías de radiofrecuencias | 8 |
| 7.3.1.1. Sistemas de Frecuencia Dedicada | 9 |
| 7.3.1.2. Sistema de Spread Spectrum o Espectro Expandido | 9 |
| 7.3.2. Tecnología de Infrarrojos | 10 |
| 7.3.3 Otras Tecnologías | 12 |
| 7.3.3.1. Tecnología Hiperlan/2 | 12 |
| 7.3.3.2. Tecnología Bluetooth | 13 |
| 7.3.3.3. Tecnología Home RF | 14 |
| 7.4. Comparación de las Tecnologías | 14 |
| 8. Condiciones Regulatorias en Venezuela | 16 |
| 9. Diseño y desarrollo de la solución | 18 |
| 9.1. Selección de la Tecnología | 18 |
| 9.2. Arquitectura | 18 |
| 9.2.1. Ubicación y Conexión del Punto de Acceso | 20 |
| 9.2.2. Antenas con diversidad de señal | 21 |
| 9.2.3. Seguridad | 22 |
| 9.3. Estudio de Mercado | 22 |
| 9.3.1. Metodología de Investigación de mercado | 22 |
| 9.3.2. Definición de cliente | 22 |
| 9.3.3. Perfil de cliente | 23 |
| 9.3.4. Ciclo de vida del cliente | 23 |
| 9.3.5. Tamaño del mercado | 23 |
| 9.3.5. Conclusiones y recomendaciones del estudio de mercado | 26 |
| 9.4. Diseño de la solución para el caso de estudio | 26 |
| 9.4.1. Análisis de las necesidades | 26 |
| 9.4.2. Diseño de la red | 27 |
| 9.4.3. Seguridad | 31 |
| 9.4.4. Características de los equipos para la solución | 32 |
| 9.4.5. Premisas para establecer el dimensionamiento de la solución | 35 |
| 9.4.6. Escenarios de negocios | 37 |
| 9.4.6.1. Premisas para el análisis financiero | 37 |
| 9.4.6.2. Análisis de negocio: Modalidad Universidad | 37 |
| 9.4.6.3. Análisis de negocio: Modalidad Empresa | 38 |

9.4.6.4. Análisis de negocio: Modalidad Alianza Universidad –
Empresa

| | |
|---------------------|----|
| 10. Conclusiones | 39 |
| 11. Recomendaciones | 40 |
| 12. Bibliografía | 41 |
| 13. Glosario | 42 |
| | 43 |

Anexos

| | |
|--------------|---|
| Anexo N° 1: | Diagrama de Gantt. |
| Anexo N° 2: | Condiciones Regulatorias emitidas por CONATEL |
| Anexo N° 3: | Encuesta realizada para el Estudio de Mercado |
| Anexo N° 4: | Fórmula para determinar el tamaño de la muestra. |
| Anexo N° 5: | Tabla de crecimiento de la población de pregrado en la Universidad. |
| Anexo N° 6: | WaveLAN Technical Bulletin 024/B de Abril 1999. |
| Anexo N° 7: | Diagrama General del Campus. |
| Anexo N° 8: | Plano del Piso 3 del edificio Módulo. |
| Anexo N° 9: | Plano Edificio Laboratorios. |
| Anexo N° 10: | Plano de la PB del Edificio Módulo. |
| Anexo N° 11: | Esquema de conexión de la red. |
| Anexo N° 12: | Detalles de equipos necesarios para la solución. |

1. Introducción

El presente documento tiene como finalidad determinar una solución tecnológica y económicamente viable para satisfacer la necesidad de transmitir datos en alta velocidad (Acceso a internet, conexión a la intranet, etc.) que permitan movilidad y portabilidad dentro de un Campus Universitario, utilizando el espectro radioeléctrico de la banda libre disponible en Venezuela.

Para ello se describen las tecnologías disponibles en comunicaciones inalámbricas y posteriormente se analizan las regulaciones establecidas por la Comisión Nacional de las Telecomunicaciones (CONATEL), organismo regulador de las telecomunicaciones en Venezuela, el cuál determina los espectros disponibles para brindar la solución esperada.

Una vez decidida la tecnología disponible de acuerdo a las regulaciones nacionales se describe el diseño de una red inalámbrica de alta velocidad, basados en la mejor propuesta económica y viable para la Universidad.

El proyecto sirve como base para el diseño de redes inalámbricas de alta velocidad utilizando el espectro radioeléctrico de banda libre disponible en Venezuela debido a que no existen antecedentes públicos de este tipo de soluciones en el país.

2. Antecedentes

La telefonía móvil celular ha tenido en Venezuela un crecimiento exponencial en los últimos 10 años, el cual se ha concentrado en los servicios de voz, alcanzando una elevada penetración.

En los últimos dos años se han desarrollado nuevas tecnologías para la provisión de comunicación de datos por vía inalámbrica utilizando espectro radioeléctrico privado con soluciones de baja velocidad.

En Venezuela disponemos de una tecnología existente y una en desarrollo en los operadores celulares, las cuales son: CDPD y GPRS. Cada una de ellas posee una estructura de servicios limitada tanto geográficamente como en velocidad de acceso y transmisión.

La tendencia que muestra el mercado es una demanda creciente de transmisión de datos a alta velocidad, lo que induce a desarrollar la investigación en otras tecnologías inalámbricas que provean movilidad y portabilidad a altas velocidades de transmisión de datos. Dentro del extenso horizonte de las comunicaciones inalámbricas y la informática móvil, las redes inalámbricas van ganando rápidamente adeptos como una tecnología madura y fiable, que permite resolver los inconvenientes derivados de la propia naturaleza del cable como medio físico de enlace en las comunicaciones, muchos de ellos de vital importancia en el entorno de trabajo habitual. Con base a lo anteriormente expuesto se detectó que existen oportunidades de proveer servicios con la tecnología disponible de redes inalámbricas.

3. Justificación

Debido a que en Venezuela no existen estudios públicos de servicios de transmisión de datos inalámbricos en función de la tecnología disponible, ello nos induce a desarrollar un estudio de estas tecnologías y su factibilidad de aplicación en el mercado de localidades definidas, enfocándonos específicamente en el caso de comunidades universitarias del país.

4. Planteamiento de la situación actual

En la actualidad existe la hipótesis sobre la necesidad no satisfecha de comunicación de datos con características de movilidad y portabilidad en los campus universitarios en Venezuela. El presente estudio se focaliza en estas necesidades en un campus particular para inferir los requerimientos de este servicio en todos los campus universitarios del país.

5. Objetivos

5.1 Objetivo general

Determinar una solución tecnológica y evaluar la viabilidad económica para satisfacer las necesidades demandadas por los clientes universitarios en las comunicaciones de datos inalámbricos de alta velocidad.

5.2 Objetivos específicos

A continuación enumeramos los objetivos específicos planteados:

- 1° Evaluar del mercado existente en cuanto a tamaño del mercado, preferencias, distribución y tipo de cliente.
- 2° Analizar las condiciones regulatorias referente al caso en el país.
- 3° Analizar las tecnologías disponibles.
- 4° Diseñar una solución para un Campus Universitario.

6. Delimitantes del estudio

A continuación se muestran los factores cronológicos, técnicos y administrativos que delimitan el estudio

6.1. Delimitantes cronológicas

Son las que establecen las etapas del estudio, como se puede observar en el diagrama de Gantt, anexo N° 1, el cual muestra en detalle el cronograma de ejecución. Las etapas fundamentales que rigieron el estudio son:

- 1° Levantamiento de información (mercado, legislación y tecnología)
- 2° Análisis y procesamiento de la información
- 3° Diseño de la solución: se tomaron en cuenta principalmente los aspectos técnicos y económicos.

6.2. Delimitantes técnicas

Establece las tecnologías que se consideran en el estudio. Consideradas de acuerdo a la disponibilidad de tecnologías en el estándar 802.11 de la IEEE y el uso de la banda de 2.4 GHz establecido por el ente regulador venezolano: Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL).

6.3. Delimitantes administrativas

Este estudio se limitará y desarrollará en una localidad definida por campus universitario, con la finalidad de obtener un mercado tipo universitario. Luego se podría extender a las otras Universidades de Venezuela.

El diseño de la solución está sujeto a la información suministrada por las autoridades universitarias del referido campus.

7. Bases del conocimiento: Redes Inalámbricas (WLAN)

7.1 Redes Inalámbricas

La comunicación inalámbrica puede dividirse en dos categorías, fundamentalmente su diferencia radica en los modos de transmisión:

- La comunicación inalámbrica en una red de área local (WLAN).
- La comunicación móvil inalámbrica.

Las LAN inalámbricas emplean transmisores y receptores que se encuentran en las edificaciones en áreas delimitadas mientras que las comunicaciones móviles inalámbricas cubren grandes extensiones y se realizan a través de operadores de telecomunicaciones u otros servicios públicos en la transmisión y recepción de las señales.

Una red de área local inalámbrica o WLAN (Wireless LAN) puede definirse como una red de comunicación con una cobertura geográfica limitada, relativamente de alta velocidad de transmisión, baja tasa de errores y administrada de forma privada (una red local), que utiliza ondas electromagnéticas para enlazar los equipos conectados a la red en lugar de los cables coaxiales, de par trenzado o de fibra óptica que se utilizan en las LAN convencionales cableadas. Estos enlaces se implementan básicamente a través de tecnología de microondas y en menor medida de infrarrojos.

Las redes locales inalámbricas, (WLANs o Wireless LANs, en inglés), han sido utilizadas tanto en las industrias, oficinas, como en centros de investigación desde hace más de 15 años. Su atractivo viene dado por las prestaciones en cuanto a la facilidad de instalación y desinstalación y el ahorro consiguiente que pueden ofrecer una red sin hilos frente a una red cableada y que la convierten en una opción interesante no para sustituirlas –ya que sus prestaciones son menores– sino para constituirse en su complemento ideal. Por otro lado permiten, también, implementar redes en situaciones en las que el cableado, o bien no es viable, o bien no es la solución óptima.

Entre las múltiples aplicaciones que en la actualidad se les está dando a este tipo de redes, destacan las siguientes:

- Entornos de difícil cableado, como edificios históricos, instalaciones con asbesto, etc.
- Entornos cambiantes, como los de algunas pequeñas empresas, pequeñas industrias, oficinas, bancos, etc.
- Redes locales para situaciones de emergencia, como respaldo para reactivar partes críticas de una red en contingencias o siniestros.
- Para proporcionar acceso a la red de computadoras portátiles (Laptop), en algunos trabajos (viajeros frecuentes, estudiantes, enfermeras, médicos, oficinistas) se requiere acceso a la información mientras se está en movimiento.
- En lugares, sedes o eventos temporales donde podría no compensar la instalación de cableado. Por ejemplo: convención de ventas de una empresa.
- Para interconectar redes locales entre edificios en una misma área.

El origen de las LAN inalámbricas (WLAN) se remonta a la publicación en 1979 de los resultados de un experimento realizado por ingenieros de IBM en Suiza, consistente en utilizar enlaces infrarrojos para crear una red local en una fábrica. Estos resultados, publicados en el volumen 67 de los Procedimientos de la IEEE, puede considerarse como el punto de partida en la línea evolutiva de esta tecnología.

Las investigaciones siguieron adelante tanto con infrarrojos como con microondas, donde se utilizaba el esquema del Spread Spectrum, siempre a nivel de laboratorio. En mayo de 1985 el FCC (Federal Communications Commission) la agencia federal del Gobierno de Estados Unidos encargada de regular y administrar en materia de telecomunicaciones, asignó a las redes inalámbricas basadas en Spread Spectrum las siguientes bandas de uso comercial sin licencia IMS (Industrial, Scientific and Medical):

- 902-928 MHz
- 2,400-2,4835 GHz.
- 5,725-5,850 GHz.

La asignación de una banda de frecuencias propició una mayor actividad en el seno de la industria. En mayo de 1991 se publicaron varios trabajos referentes a WLAN operativas que superaban la velocidad de 1 Mbps., el mínimo establecido por el IEEE 802 para que la red sea considerada realmente una LAN.

Las redes WLAN habían tenido una aceptación marginal en el mercado. Las principales causas eran:

- Gran cantidad de técnicas, tecnologías y normas existentes en el ámbito de las comunicaciones móviles debido a que los diferentes fabricantes habían desarrollado sus propias soluciones, utilizando frecuencias y tecnologías muy distintas y normalmente incompatibles. No existía una norma.
- Altos precios que reflejaban los costos de investigación para desarrollar soluciones tecnológicas propietarias.
- Reducidas prestaciones si se comparaban con sus homologas cableadas: las redes inalámbricas únicamente permiten el soporte de datos, mientras que por una red de cableado podemos llevar multitud de aplicaciones tanto de voz, como de datos, vídeo, etc., y además, velocidades de transmisión significativamente menores.



Figura N° 1 Crecimiento del mercado de alta velocidad.

Sin embargo, se viene produciendo en estos últimos años un crecimiento explosivo en este mercado (Ver figura N°1). Esto es debido a distintas razones, entre las cuales se encuentran:

- El desarrollo del mercado de las computadoras portátiles (laptops) y los PDA (Personal Digital Assistant), y en general de sistemas y equipos de informática portátiles hacen posible que sus usuarios puedan estar en continuo movimiento, al mismo tiempo que están en contacto con los servidores y con las otras computadoras de la red, es decir, la WLAN permite movilidad y acceso simultáneo a la red.
- La conclusión en junio del año 1997 de la norma IEEE 802.11(2) para redes locales inalámbricas, introduce los siguientes factores positivos:
 - Interoperatividad. Esta norma aporta una plataforma estable para el desarrollo de nuevos productos, con la consiguiente confianza que este hecho genera en los usuarios. Esto permitirá a su vez que soluciones de distintos fabricantes puedan trabajar conjuntamente.
 - Costos. Se producirá una notable reducción en los precios de este tipo de productos, en primer lugar porque una vez aprobado el estándar serán más los fabricantes que desarrollen sus propias soluciones inalámbricas, y

además porque esto va a suponer un empuje definitivo para el mercado masivo de componentes, con el consiguiente abaratamiento de los mismos.

- En este aspecto cabe destacar las mejoras de prestaciones propuestas por IEEE 802.11 en cuanto a velocidad -mejoras incrementales-, y por otro lado la intención de implementar la tecnología de transmisión ATM por parte de HiperLAN y otros.

En 1990, en el seno de IEEE 802, se forma el comité IEEE 802.11, que empieza a trabajar para tratar de generar una norma para las WLAN. Pero no es hasta junio de 1997 se da por finalizada la norma.

En 1992 se crea Winforum, consorcio liderado por Apple y formado por empresas del sector de las telecomunicaciones y de la informática para conseguir bandas de frecuencia para los sistemas PCS (Personal Communications Systems). En ese mismo año, la ETSI (European Telecommunications Standards Institute), a través del comité ETSI-RES 10, inicia actuaciones para crear una norma a la que denomina HiperLAN (High Performance LAN) y luego, en 1993, asigna las bandas de 5,2 GHz. y 17,1 GHz.

En 1993 también se constituye la IRDA (Infrared Data Association) para promover el desarrollo de las WLAN basadas en enlaces por infrarrojos.

En 1996 un grupo de empresas del sector de informática móvil y de servicios forman el Wireless LAN Interoperability Forum (WLI Forum) para potenciar este mercado mediante la creación de un amplio abanico de productos y servicios interoperativos. Entre los miembros fundadores de WLI Forum se encuentran empresas como ALPS Electronic, AMP, Data General, Contron, Seiko, Epson y Zenith Data Systems.

7.2. Descripción del Estándar 802.11

Este estándar es parte de una familia de estándares para redes de área local y metropolitana. La relación entre el estándar 802.11 y su familia se muestran en la figura N° 2. El número identificado corresponde con el del estándar respectivo.

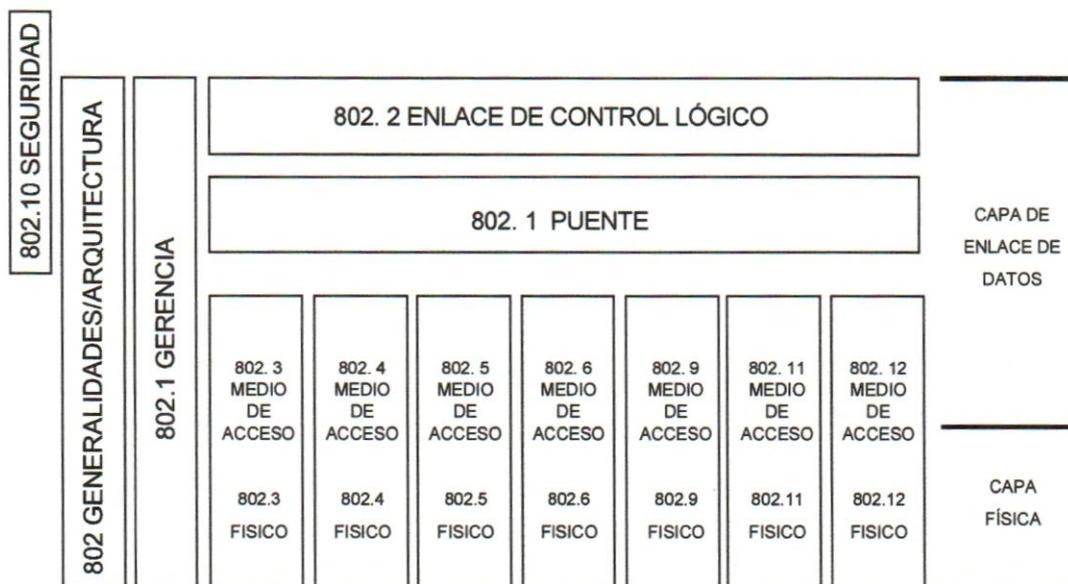


Figura N° 2. Familia de Estándares 802

Esta familia de estándares está de acuerdo con las capas física y de enlace de datos definida por la Organización Internacional de Estandarización (ISO) que define el Modelo Básico de Sistemas Abiertos de Interconexión (OSI) o capas OSI (ISO/IEC 7498-1:1994). El estándar de acceso define siete tipos de tecnologías de medios de acceso y medios físicos, cada uno de acuerdo a una particular aplicación u objetivos de sistema.

El propósito de este estándar 802.11 es proveer la conectividad inalámbrica de equipos automáticos o estaciones que requieran rápida instalación la cual puede ser portátil o móvil dentro de un área definida. El estándar también ofrece la normalización de la estructura de accesos para una o más bandas de frecuencia para la comunicación de un área local.

Este estándar define el protocolo y la compatibilidad de interconexión de equipo de comunicación de datos vía "aire", radio e infrarrojo en una red de área local (LAN), usando la portadora del protocolo de acceso múltiple con mecanismo de medios compartidos para evitar la colisión (CSMA/CA). El Control del medio de acceso (MAC) soporta la operación de un punto de acceso así como entre estaciones independientes. El protocolo incluye servicios de autenticación, asociación y reasociación, un procedimiento adicional de encriptación – desencriptación, gerencia la alimentación para reducir el consumo de energía en estaciones móviles y un punto de coordinación de funciones para la transferencia de la data. El estándar incluye la definición del manejo de la información base (MIB) utilizando

la Notación de Sintaxis Abstracta 1 (ASN.1) y especifica el protocolo MAC de una manera formal usando el lenguaje de especificación y descripción (SDL).

En infrarrojo la capa física soporta velocidades de 1 Mbit/seg. con posibilidad de alcanzar los 2Mbits/seg.

7.3. Tecnologías Inalámbricas existentes

Los dos estándares más extendidos en la actualidad en el mundo de las redes inalámbricas en la banda de frecuencia 2.4 GHz son:

- Estándar IEEE 802.11.
- Estándar de facto Openair 2.4.

También existe una iniciativa europea promovida por el ETSI (European Telecommunications Standards Institute) denominada HiperLAN(3), pero mucho menos desarrollada comercialmente.

Emplearemos la norma 802.11 para describir las WLANs debido a su preponderancia en el mercado, ya que una gran cantidad de productos se habían anticipado a los trabajos normativos en cuanto a las especificaciones utilizadas. No obstante también se indicara otras tecnologías utilizadas, o mejor desarrolladas - por ejemplo IrDA, en el campo de los infrarrojos -.

En el estándar IEEE 802.11 se define tres posibles opciones para la elección de la capa física:

1. Espectro expandido por secuencia directa o DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)
2. Espectro expandido por salto de frecuencias o FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum).
3. Luz infrarroja en banda base - o sea sin modular -.

La definición de tres capas físicas distintas se debe a las sugerencias realizadas por los distintos miembros del comité de normalización, que han manifestado la necesidad de dar a los usuarios la posibilidad de elegir en función de la relación entre costos y complejidad de implementación, por un lado, y prestaciones y fiabilidad, por otro.

La capa física indica como son enviados los bits de una estación a otra, mientras que la capa de enlace de datos, denominada MAC (Control Medio de Acceso) , se encarga de describir como se empaquetan nuevamente los datos y el modo de verificación de los bits para que no contengan errores. Evidentemente, al cambiar el medio físico, la tecnología inalámbrica en su capa física reemplaza el cable por otros métodos de naturaleza similar pero muy bien diferenciados en su comportamiento, como son la transmisión por radiofrecuencia y la luz infrarroja.

7.3.1. Tecnologías de Radiofrecuencia

Las redes inalámbricas que utilizan radio frecuencia pueden clasificarse atendiendo a su capa física de acuerdo a la modulación en:

- Sistemas de banda estrecha (narrow band) o de frecuencia dedicada (No normalizado en IEEE 802.11).
- Sistemas basados en espectro disperso (Spread Spectrum) o extendido (normalizado por IEEE 802.11).

Independientemente de las técnicas de modulación de las señales, la potencia de transmisión es otro punto importante en los sistemas de radiofrecuencia. En general, los productos comerciales que utilizan estas tecnologías limitan la fuerza radiada RF en la antena debido a las normativas existentes. También se limita el aumento de la antena a un máximo de 6 dBi. La fuerza radiada está limitada a 1.000 mW para los Estados Unidos, 10 mW por MHz para Japón y 100 mW (EIRP) para Europa y Venezuela.

7.3.1.1. Sistemas de Frecuencia Dedicada

Esta técnica trabaja de modo similar a la forma en que se difunden las ondas desde una estación de radio. Hay que sintonizar en una frecuencia muy precisa tanto el emisor como el receptor. La señal puede atravesar paredes y se expande sobre un área muy amplia, así que no se hace necesario enfocarla.

7.3.1.2. Sistema de Spread Spectrum o Espectro Expandido.

El Spread Spectrum, que podría traducirse como espectro expandido, es una técnica que ha sido generada y ampliamente utilizada en el sector de la defensa por sus excelentes propiedades en cuanto a inmunidad a interferencias y a sus posibilidades de encriptación.

El Spread Spectrum consiste en un esquema de modulación que consiste en lo siguiente: la señal se expande (su espectro) a través de un ancho de banda mayor que el mínimo requerido para transmitir con éxito. Mediante un sistema de codificación se desplaza la frecuencia o la fase de la señal de forma que ésta quede expandida, con lo cual se consigue un efecto de camuflaje. Posteriormente, en el receptor la señal se recompone para obtener la información inicial que se deseaba transmitir. En definitiva, se esparce la señal a lo largo de un amplio margen del espectro evitando concentrar la potencia sobre una única y estrecha banda de frecuencia como ocurre con las técnicas convencionales, de este modo se puede usar un rango de frecuencias que este ocupado ya por otras señales. Todos los elementos de cada red local inalámbrica basadas en espectro expandido utilizan el mismo código de expansión, lo cual permite la diferenciación y que esa red coexista con otras redes o con otros sistemas en la misma banda de frecuencias.

Los productos comerciales que utilizan infrarrojo o frecuencias dedicadas, aportan únicamente un tercio del mercado de WLANs. Las otras dos terceras partes transmiten información en bandas del espectro que no requieren autorización para su uso. Estas son las llamadas bandas para aplicaciones industriales, científicas y médicas (ICM o IMS). Existe para esto una alternativa teórica que consiste en utilizar una potencia de salida muy baja, pero no resulta una alternativa práctica debido a que afecta a otros factores como, por ejemplo, la velocidad, que es crucial en este tipo de aplicaciones.

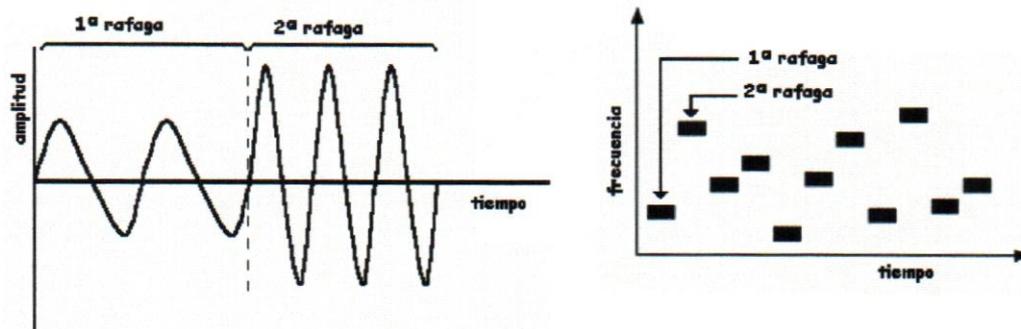
Las técnicas tradicionales de modulación maximizan la potencia en el centro de la frecuencia asignada para solventar el problema del ruido, pero resulta fácil su detección e interceptación. Además existen limitaciones establecidas.

Otras alternativas que han sido globalmente aceptadas por la industria y adoptadas por IEEE 802.11 se refieren a los esquemas DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) y FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum), ambos dentro de la órbita de la tecnología conocida como "Spread Spectrum" o "espectro expandido".

Los modos de implementación de DSSS y FHSS son sensiblemente diferentes a pesar de que comparten la misma filosofía.

La técnica de espectro expandido por secuencia directa (DSSS), se basa en desplazar la fase de una portadora mediante una secuencia de bits muy rápida, diseñada de forma que aparezcan aproximadamente el mismo número de ceros que de unos. Esta secuencia –un código Barker también llamado código de dispersión o PseudoNoise- se introduce sustituyendo a cada bit de datos; puede ser de dos tipos, según sustituya al cero o al uno lógico. Tan solo aquellos receptores a los que el emisor envíe dicho código podrán recomponer la señal original - filtrando señales indeseables -, previa sincronización. Aquellos que no posean el código creerán que se trata de ruido.

En la técnica de espectro expandido por salto de frecuencia o FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) la señal se mueve de una frecuencia a otra, es decir, la expansión de la señal se produce transmitiendo una ráfaga en una frecuencia, saltando luego a otra frecuencia para transmitir otra ráfaga, y así sucesivamente.



Técnica de Espectro esparcido por salto de frecuencia

Figura N° 3. Técnica de espectro por salto de frecuencia.

7.3.2. Tecnología de Infrarrojos.

La tecnología de rayos infrarrojos cuenta con muchas características sumamente atractivas para utilizarse en este tipo de redes, y otras que no la son. En principio, los rayos infrarrojos tienen una longitud de onda cercana a la de la luz y, por lo tanto, con un comportamiento similar, tanto en sus ventajas como en sus inconvenientes. Entre estas características, la más evidente es que no pueden atravesar objetos sólidos como paredes, lo que supone un serio freno a su capacidad de difusión. Sin embargo esta misma limitación supone un seguro contra receptores no deseados. También, debido a su alta frecuencia, presentan una fuerte resistencia a las interferencias electromagnéticas artificiales radiadas por otros dispositivos, pudiendo, además, alcanzar grandes velocidades de transmisión; de hecho, se han desarrollado sistemas que operan a 100 Mbps.

En cuanto a las restricciones de uso, la transmisión por rayos infrarrojos no requiere autorización especial en ningún país, excepto por los organismos de salud que limitan la potencia de la señal transmitida. Por último, utiliza componentes sumamente económicos y de bajo consumo energético, importantes características a tener en cuenta en aquellos dispositivos que deban formar parte de equipos móviles portátiles.

Entre las limitaciones principales, cabe destacar que resultan sumamente sensibles a objetos móviles que interfieren y perturban la comunicación entre emisor y receptor. Además, las restricciones en la potencia de transmisión limitan la cobertura de estas redes a cortas distancias (decenas de metros), y lo más grave, la luz solar directa, las lámparas incandescentes y otras fuentes de luz brillante pueden interferir seriamente la señal.

Analizando las ventajas e inconvenientes, las redes que emplean como medio de transmisión la luz infrarroja están limitadas por el espacio, utilizándose casi en exclusividad en redes en las que los distintos dispositivos se encuentran en un sólo cuarto o área, escenario que normalmente se presenta en el entorno doméstico. No obstante, algunas compañías que tienen sus oficinas en varios edificios realizan la comunicación colocando los receptores/emisores en las ventanas de los edificios.

Los sistemas por infrarrojos, según el ángulo de apertura con que se emite la información, pueden clasificarse en sistemas de corta apertura, también llamados de rayo dirigido o de línea de vista (line of sight, LOS) y en sistemas de gran apertura, reflejados o difusos (diffused). Ambos están normalizados por el estándar 802.11.

En resumen, a pesar de sus buenas cualidades y características, la gran influencia del entorno representa un enorme obstáculo a la fiabilidad de las comunicaciones y, por tanto, reduce sus posibilidades de implantación masiva. De hecho, salvo la inclusión de los sistemas por infrarrojos incorporados a la mayoría de las computadoras portátiles y periféricos como impresoras, cámaras digitales o PDA acogidos al estándar IrDA, son contados y exclusivos los productos que implementan dicha tecnología.

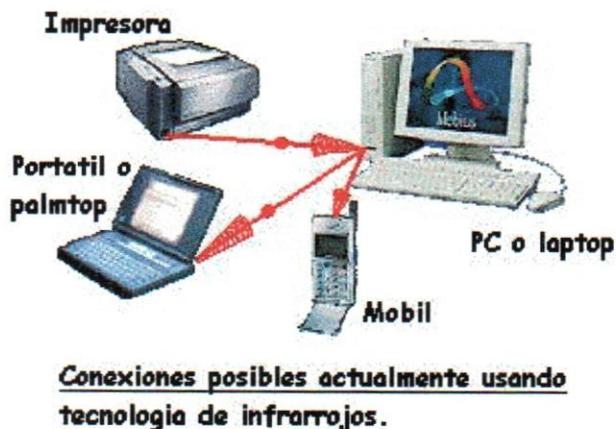


Figura N° 4. Conexiones usando tecnología infrarroja.

7.3.3. Otras Tecnologías

El Wireless Ethernet Compatibility Alliance (WECA), formado por un grupo de relevantes empresas, ha creado una nueva línea de productos de mayores prestaciones y de plena compatibilidad. Además, los productos acogidos a la normativa IEEE 802.11b tienen garantizada la interoperatividad entre fabricantes, consiguiendo al mismo tiempo una significativa reducción de costos y el consiguiente abaratamiento de los dispositivos para el usuario final.

Este consorcio (www.wirelessethernet.com) ha establecido un estándar llamado Wi-Fi que permite la certificación de los productos acogidos a esta normativa para lograr que entre ellos exista una obligada compatibilidad y otros aspectos comunes de actuación, como la facilidad de configuración, unanimidad de protocolos, modos de funcionamiento y otros.

Esta generalidad ha dado pie a que nuevas tecnologías, como Bluetooth o HomeRF, surjan en torno al protocolo 802.11b. De este modo, aprovechando el rango de frecuencias de 2,4 GHz, estas nuevas tecnologías han optado por especializarse en ofrecer una conectividad inalámbrica enfocada a usos mucho más particulares y en relación directa con los futuros hábitos de la vida moderna.

7.3.3.1. Tecnología HIPERLAN / 2

Las características y prestaciones que presenta la especificación HiperLAN/2 sobrepasan ampliamente las mostradas por el resto de las tecnologías del mercado inalámbrico. La alta velocidad de transmisión de la capa física se extiende hasta 54 Mbps. Para lograr este significativo aumento de la velocidad se hace uso de un sofisticado método de modulación OFDM (Orthogonal Frequency Digital Multiplexing) para la transmisión de las señales analógicas, mostrando su mayor efectividad en los entornos donde existe una gran dispersión de las señales como, por ejemplo, en las oficinas en las cuales haya numerosos puntos de reflexión de las señales. Asimismo, y por encima de la capa física, el protocolo de la capa de Acceso al Medio (MAC) es totalmente nuevo y presenta un método

dúplex de división dinámica del tiempo para permitir una mayor eficiencia en la utilización de los recursos de radio.

Por lo que respecta a las conexiones que se pueden establecer bajo esta especificación, en una red de HiperLAN/2 los datos se transmiten en conexiones entre el Terminal Móvil y el Punto de Acceso, en las cuales se han establecido previamente prioridades para la transmisión mediante el empleo de funciones de señalización del panel de control del HiperLAN/2.

Hay dos tipos de conexiones, punto a punto y punto a multipunto. Por una parte, las conexiones punto a punto son bidireccionales, mientras que las conexiones punto a multipunto son unidireccionales y siempre en el sentido hacia el Terminal Móvil.

La naturaleza de las conexiones HiperLAN/2 permite la verdadera implementación y soporte de QoS (Quality of Service). Es decir, asignar a cada conexión a un nivel de prioridad con respecto a otras conexiones, donde a cada conexión se le pueda asignar un nivel QoS específico, en el cual se determinen parámetros relacionados con el ancho de banda a utilizar, el retraso máximo entre paquetes y la tasa de error, entre otros. Este soporte QoS, en combinación con una alta velocidad de transmisión, facilita el flujo simultáneo de numerosos tipos de diferentes datos de información como, por ejemplo, vídeo, voz, y datos.

Este novedoso estándar se encuentra en una fase de evolución prematura, en comparación con las otras tecnologías, aspecto que puede ser determinante para una futura consolidación en el mercado. Actualmente se está trabajando en una futura especificación que trabaja realmente a 10 Mbps en un rango de 20 MHz dentro de la franja de 8,2 GHz.

El Instituto de Estándares de Telecomunicaciones Europeo (ETSI) es responsable de haber llevado a cabo durante los años 1991 y 1996 el proyecto HiperLAN, en el cual su objetivo primordial era conseguir una tasa de transferencia mayor que la ofrecida por la especificación IEEE 802.11. Según los estudios realizados, HiperLAN incluía cuatro estándares diferentes, de los cuales el denominado Tipo 1 es el que verdaderamente se ajusta a las necesidades futuras de las WLAN, estimándose una velocidad de transmisión de 23,5 Mbps, notablemente superior a los 11 Mbps de la actual normativa IEEE 802.11b. Actualmente, el ETSI dispone de la especificación HiperLAN2 (www.hiperlan2.com/site/home.htm), que mejora notablemente las características de sus antecesoras, ofreciendo una mayor velocidad de transmisión en la capa física de 54 Mbps, para lo cual emplea el método de modulación OFDM (Orthogonal Frequency Digital Multiplexing) y ofrece soporte QoS. Bajo esta especificación se ha formado el HiperLAN2 Global Forum (H2GF), integrado por un grupo de reconocidas firmas, con la intención de sacar al mercado productos basados en ese competitivo estándar.

7.3.3.2. Tecnología BLUETOOTH

Es un estándar para la industria informática y de las telecomunicaciones que describe un método de conectividad móvil universal con el cual se pueden interconectar una variedad de dispositivos (teléfonos móviles, Asistentes Personales Digitales (PDA), computadoras) en cualquier lugar, utilizando una conexión inalámbrica de corto alcance.

Cada dispositivo deberá estar equipado con un pequeño dispositivo que transmite y recibe información a una velocidad de 1 Mbps. en la banda de frecuencias de 2,4 GHz que está disponible en todo el mundo, con ciertas particularidades, según los diferentes países de aplicación. Es empleada ampliamente en numerosos dispositivos.

Esta nueva tecnología de comunicación soportará la transmisión de voz, vídeo y datos a una velocidad máxima de 1 Mbps, (según IBM la velocidad máxima real permitida girará en torno a los 725 kbps.). Además, la distancia de operatividad para conexión de dispositivos será de hasta 10 metros y tendrá su espacio de aplicación central en el ámbito doméstico y de oficina. Además de ofrecer una cómoda conexión entre diferentes y variados dispositivos, como móviles, computadoras o handhelds, Bluetooth pretende también ofrecer acceso a Internet a través de LAN. Además, también aspira a dar soporte para la sincronización de datos entre dispositivos informáticos.

7.3.3.3. Tecnología HOME RF

Se basa en el protocolo de acceso compartido (Shared Wireless Access Protocol, SWAP), establece la conectividad sin cables dentro del hogar.

Los principales promotores de estos sistemas se agrupan en torno al consorcio que lleva su mismo nombre, HomeRF, teniendo a Proxim, una filial de Intel, como el miembro que más empeño está poniendo en la implantación de dicho estándar.

El HomeRF Working Group (HRFWG) es un grupo de compañías encargadas de proporcionar y establecer un orden tecnológico, obligando a que los productos fabricados por las empresas integrantes de este grupo tengan una plena interoperatividad.

La especificación SWAP define una nueva y común interfaz inalámbrica que está diseñada para poder soportar tanto el tráfico de voz como los servicios de datos en redes LAN dentro de los entornos domésticos e interoperar con las redes públicas de telefonía e Internet. Esta nueva normativa ha sido definida para asegurar la interoperatividad de una numerosa cantidad de productos con capacidades de comunicación sin hilos que se desarrollan para computadoras en el mercado doméstico. Esta especificación permitirá que las computadoras, periféricos, teléfonos y electrodomésticos puedan comunicarse con otros dispositivos de similar naturaleza sin la presencia de cables de interconexión.

La banda radioeléctrica de este protocolo opera en la banda ISM de los 2,4 GHz, pero combinando elementos de los estándares Digital Enhanced Cordless Telecommunications (DECT) e IEEE 802.11.

Asimismo, la arquitectura del protocolo se asemeja bastante a las especificaciones que para las redes inalámbricas tienen el protocolo IEEE 802.11 en su capa física y, además, extiende la capa MAC (Medium Access Control) con la adición de un subconjunto de estándares DECT para proporcionar los servicios de voz. Como resultado, la capa MAC puede soportar indistintamente servicios orientados a datos, tales como TCP/IP, y protocolos de voz como DECT/GAP.

7.4. Comparación de las Tecnologías

Se ha recopilado en los siguientes cuadros y gráficos diferentes aspectos comparativos de las tecnologías y la evolución alcanzada a la fecha.

| Característica | Bluetooth | WLAN | Home RF | Hiperlan/2 | Infrarrojo |
|---------------------------|-------------------|-------------------|--|---|---------------|
| Frecuencia | 2.4 GHz | 2.4 GHz | 2.4 GHz | 5 GHz | Ir Band |
| Velocidad | 1Mbps | 11Mbps | 1.6 Mbps | 54 Mbps | 4 Mbps |
| Rango Metros | 10 | 150 | 45 | <100 | 5 |
| Estándar | Bluetooth | 802.11b | SWAP (Shared Wireless Access Protocol) | Hiperlan/2 | IrDA |
| Modulación | Frequency Hopping | Secuencia directa | Frequency Hopping | Orthogonal Frequency Digital Multiplexing | - |
| Tecnología de Transmisión | Spread Spectrum | Spread Spectrum | Spread Spectrum | Time Division Duplex | - |
| Aplicación | Reemplazar cable | Alta velocidad | Baja velocidad | Alta velocidad | Punto a Punto |

Tabla N° 1. Cuadro Comparativo de las Tecnologías Inalámbricas

En el gráfico N° 1, se observa la relación costo – madurez de las diferentes tecnologías inalámbricas.

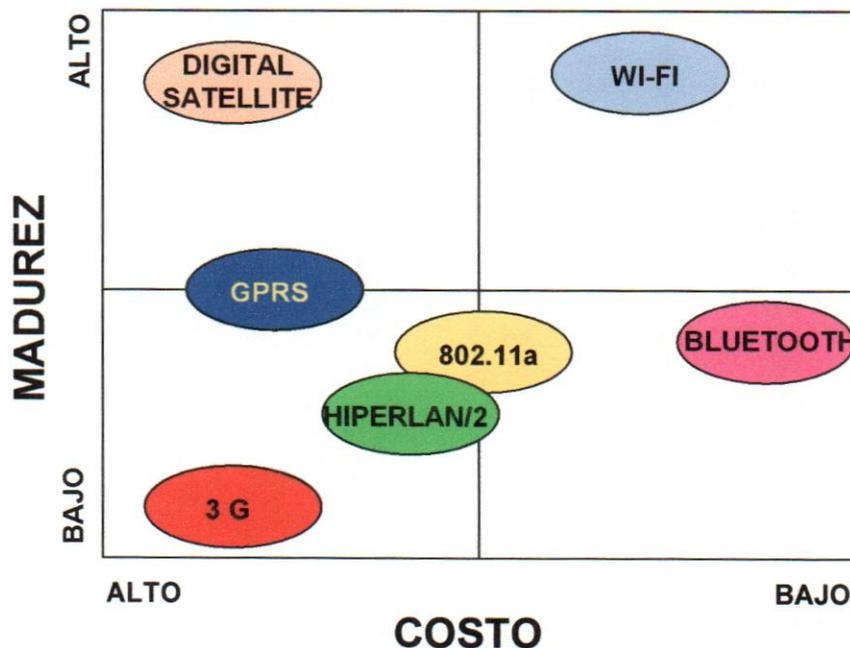


Gráfico N° 1. Situación Comparativa de las Tecnologías Inalámbricas

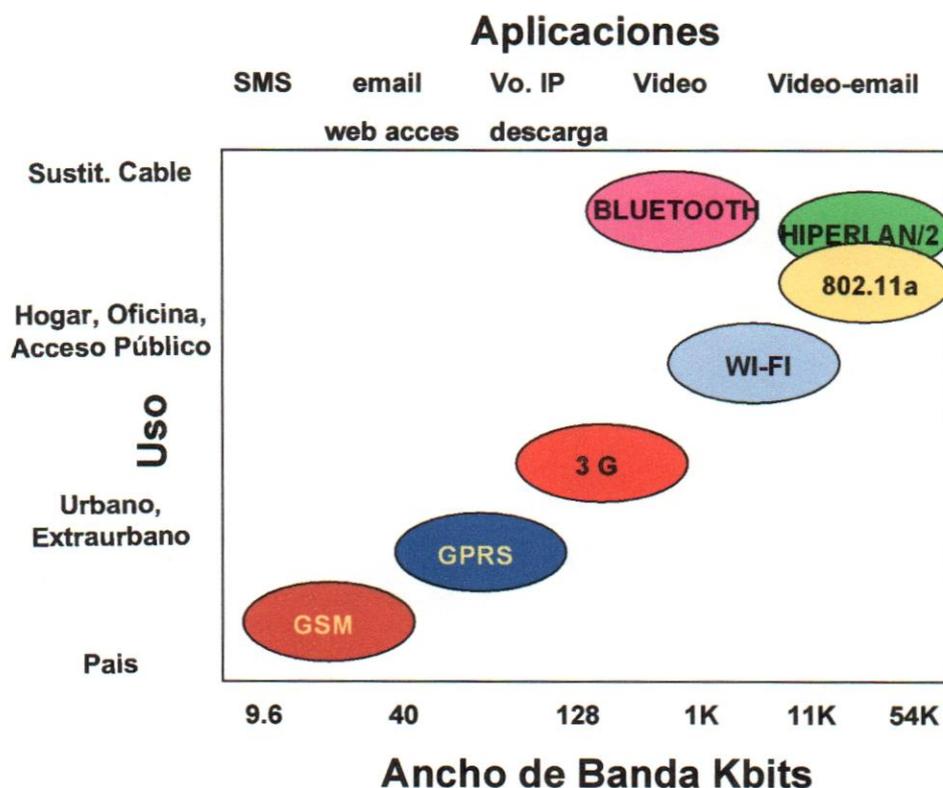


Gráfico N° 2. Alcances de las Tecnologías Inalámbricas

8. Condiciones Regulatorias en Venezuela.

En Venezuela la Comisión Nacional de las Telecomunicaciones (CONATEL), en su rol de órgano regulador, está desarrollando modificaciones a la normativa actual en referencia al uso del espectro radioeléctrico, entre otras resaltan las siguientes (Ver anexo N° 2):

- Normalizar el uso en cuanto a niveles de potencia y canalización de los equipos de telecomunicaciones que utilizan el espectro radioeléctrico en la banda de frecuencia comprendida entre 2400 MHz a 2483.5 MHz, tanto para aplicaciones en ambientes cerrados como en ambientes abiertos .
- Se asigna un bloque comprendido entre 2450 MHz a 2483.5 MHz, para los equipos que sean utilizados para aplicaciones en ambientes cerrados en redes de área local inalámbricas . Estos deben cumplir un límite de potencia máximo de 100 mW y mantener un ancho de guarda de 3.5 MHz para el límite superior y 4.5 MHz para el límite inferior de la banda de frecuencia designada para este uso.
- Se asigna un bloque comprendido entre 2400 MHz a 2483.5 MHz con características de uso secundario, a los equipos con interfaces inalámbricas para aplicaciones en ambientes cerrados, denominados Bluetooth. Dichos equipos no deben exceder bajo ningún concepto los límites de potencia de 100 mW.
- Cualquier otro equipo que utilice la tecnología de banda esparcida tanto para aplicaciones en ambientes cerrados como abiertos, bajo cualquiera de sus

modalidades que no se haya hecho mención en esta resolución, solo podrá operar en la banda comprendida entre 2450 MHz a 2483.5 MHz y con un límite de potencia máximo de 100 mW.

La nueva regulación fundamentalmente actualizará la normativa en materia de los niveles de potencia de los equipos de telecomunicaciones, quedando vigente el resto de la normativa vigente.

9. Diseño y desarrollo de la solución

9.1. Selección de la Tecnología

Con base a lo expuesto en el análisis de las tecnologías inalámbricas existentes y las condiciones regulatorias, la solución propuesta se basa en el estándar 802.11b. Se fundamenta en los siguientes aspectos:

- La regulación venezolana permite el uso libre del espectro de 2.4 GHz.
- La Tecnología WLAN es madura y suficientemente probada.
- Permite velocidades de hasta 11 Mbps.
- Permite interconexión con redes LAN.

9.2. Arquitectura

La mayor parte de las redes inalámbricas proporcionan un estándar de interconexión con redes cableadas en Ethernet o Token Ring. Los nodos inalámbricos no tienen por qué formar redes independientes y pueden ser soportados por estas redes normales de la misma manera que cualquier otro nodo convencional, aunque, obviamente, con sus correspondientes controladores. Una vez instalados, la red da a los nodos inalámbricos igual trato que al resto de componentes. Ahora bien, si dentro de un sistema cableado la topología se define por la forma física en que se interconectarán las computadoras en red, en un sistema inalámbrico esta definición toma otro sentido y se refiere a la comunicación o esquema lógico de transmisión entre los nodos sin hilos.

La forma más elemental de configuración se presenta al conectar dos computadores equipados con tarjetas adaptadoras para WLAN, de modo que pueden poner en funcionamiento una red independiente siempre que estén dentro del área que cubre cada uno. Esto es llamado red de igual a igual (peer-to-peer). Cada máquina tiene únicamente acceso a los recursos de otra máquina pero no a un servidor central. Este tipo de redes no requiere administración o preconfiguración y todo el soporte de la red recae en los usuarios.



Figura N° 5. Red Igual a Igual (peer to peer)

La configuración igual a igual se puede mejorar instalando un Punto de Acceso (AP) que permite, no sólo doblar el rango entre el cual los dispositivos pueden comunicarse, pues actúan como repetidores, sino que, además, desde el punto de

acceso se puede conectar a la red cableada cualquier nodo inalámbrico para que tenga acceso a los recursos de la red y también actúan como mediadores en el tráfico de la red en la localidad más inmediata. Cada punto de acceso puede servir a varios clientes, según la naturaleza y número de transmisiones que se puedan producir.



Figura N° 6. Red Cliente y Punto de Acceso

Los puntos de acceso tienen un rango de cobertura, del orden de 150 metros en lugares cerrados y 300 metros en zonas abiertas. En grandes zonas, como por ejemplo un campus universitario o galpones industriales, es más probable que se requiera más de un punto de acceso, para poder cubrir por completo la zona asignada con células de manera que solapen sus áreas de influencia y de modo que los usuarios puedan mover sus computadores sin pérdidas de conexión entre un grupo de puntos de acceso. Este método de funcionamiento es denominado roaming.

El Punto de Extensión (EP) permite aumentar la cobertura con la incorporación de otros puntos de acceso a la red. Estas células de extensión actúan como AP a AP, pero no están "conectados" a la red cableada como ocurre con los Puntos de Acceso. Los Puntos de Extensión funcionan, como su propio nombre indica, extendiendo el alcance efectivo de la red mediante la retransmisión de las señales de un cliente a un AP o a otro y también a otro Punto de Extensión. Igualmente, los EP pueden encadenarse para pasar mensajes entre un Punto de Acceso y clientes lejanos de modo que se construye un puente entre ambos.

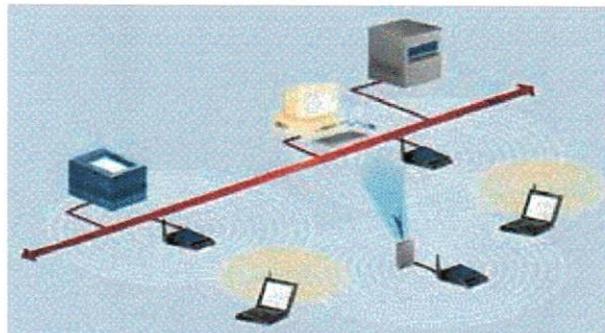


Figura N° 7. Red con Punto de extensión

Uno de los últimos componentes a considerar en el equipo de una WLAN es la antena direccional. Por ejemplo, si se desea enlazar dos edificios separados por algo más de un kilómetro de distancia, una solución puede ser instalar una antena en cada edificio con línea de vista. La antena del primer edificio está conectada a la red cableada mediante un Punto de Acceso. Igualmente en el segundo edificio se conecta otro AP, lo cual permite una conexión sin cable en esta aplicación.

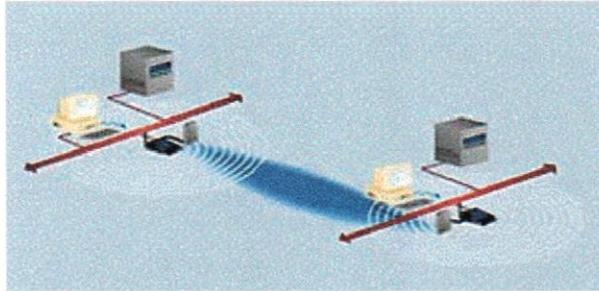


Figura N°8. Uso de Antenas direccionales

9.2.1. Ubicación y conexión del Punto de Acceso

Una correcta ubicación de los puntos de acceso es clave para obtener una adecuada cobertura inalámbrica. Para lograr este objetivo, los puntos de acceso se instalan habitualmente en el techo de las oficinas. Sin embargo, esta ubicación genera problemas a la hora de llevar hasta ella los cables de red y alimentación.

Si bien la colocación del cable de red puede solventarse adecuadamente con pequeños ajustes, no se puede decir lo mismo del cable eléctrico que debe alimentar el punto de acceso. No sólo puede resultar especialmente complicado por la lejanía entre la toma de corriente y el dispositivo que hace las veces de punto de acceso, sino que además llevar la alimentación hasta dichas ubicaciones puede ser caro y requiere un estricto cumplimiento de algunas reglamentaciones sobre instalaciones eléctricas. Los puntos de acceso WLAN se conectan generalmente a la infraestructura de red cableada a través de una conexión estándar 10BASE-T, obteniendo la energía necesaria para su funcionamiento de un cable de alimentación. Ante tales contratiempos, la opción de la conexión de un módulo BASE-T con alimentación supone una considerable ventaja frente a otras soluciones WLAN, al eliminar la necesidad de instalación de un tendido de alimentación independiente, permitiendo incluso un sustancial ahorro en los costos de instalación.

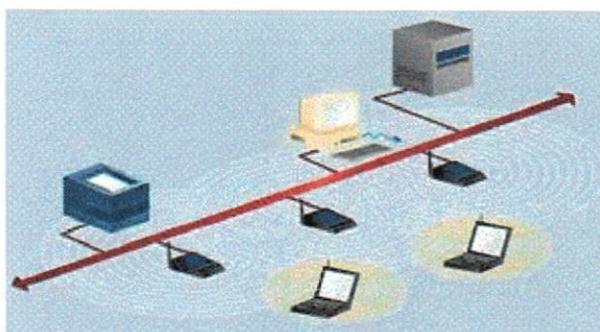


Figura N° 9. Múltiples puntos de acceso y roaming.

Dicho módulo consta de las entradas para la conexión de red y la alimentación eléctrica, y envía alimentación de baja tensión a través de los pares no usados del cable Categoría 5 que va desde el módulo BASE-T con alimentación hasta el Punto de Acceso.

9.2.2. Antenas con diversidad de señal

Independientemente de la correcta ubicación de los diferentes equipos inalámbricos, la conectividad inalámbrica posee en sí misma un factor de fiabilidad porque el aire, a diferencia del cable, no se puede romper o sufrir una desconexión completa. Sin embargo, las redes inalámbricas suelen experimentar otro tipo de problemas que deterioran e incluso pueden llegar a interrumpir el normal funcionamiento de este tipo de conexión. Fenómenos tales como el desvanecimiento debido a patrones de interferencia entre nodos, la propagación por diferentes trayectorias motivadas por las ondas reflejadas y la atenuación debida a la distancia o a que la señal atraviesa una estructura sólida. La manera más eficaz para resolver buena parte de estos inconvenientes es mediante la utilización de un sistema de diversidad de señal en la antena.

La técnica radica en que cada dispositivo dispone de dos antenas independientes, que proporcionan la suficiente diversidad como para contrarrestar la degradación de la señal. De este modo, el dispositivo en cuestión comprueba la potencia y la integridad de las señales recibidas por cada antena y selecciona, obviamente, las señales que tengan una mejor calidad. Esta característica se hace especialmente necesaria y su diseño está enfocado principalmente a lograr una mayor efectividad de funcionamiento dentro de edificios, donde son muy frecuentes estos fenómenos que deterioran considerablemente la calidad de las comunicaciones inalámbricas, dado que las señales son reflejadas constantemente por las paredes y otras superficies.

La mayoría de los productos WLAN 802.11b que están saliendo al mercado implementan en sus diversas modalidades, punto de acceso y adaptadores de red (PCI, PC Card o USB) con el sistema de diversidad de señal en la antena.

9.2.3. Seguridad

Las comunicaciones inalámbricas ofrecen un punto de vulnerabilidad en la transmisión de datos, puesto que las emisiones difícilmente pueden acotarse a la zona de cobertura, por lo que alcanzan puntos fuera del área de transmisión deseada. Para evitar que receptores ajenos a la red puedan hacer un uso indebido de la información que viaje por el aire se ha adoptado un mecanismo de control de acceso al medio (DSSS). No obstante, este sistema no es suficiente, por lo que opcionalmente se puede realizar un proceso de encriptación de los datos que se transmiten por la red inalámbrica.

Para proteger la información que viaja encriptada se hace uso de las técnicas WEP-40 y WEP-128. Estos dos sistemas son funciones opcionales de la especificación IEEE 802.11 que proporcionan una confidencialidad de datos equivalente a la de una LAN cableada sin encriptar. Es decir, el sistema WEP hace que el enlace LAN inalámbrico en una red sea tan seguro como el enlace con cable.

Como se especifica en el estándar, WEP (Wired Equivalent Privacy) utiliza el algoritmo RC4 con una clave de 40 bits para WEP-40 o una clave de 128 bits para WEP-128. Cuando la función WEP está activada, a cada estación (cliente o punto de acceso) se le asigna una clave común. Esta clave desordena los datos y se mezcla entre la información antes de ser transmitida, de tal modo que si una estación recibe un paquete que no está mezclado con la clave correcta, la estación descartará el paquete.

9.3. Estudio de Mercado

9.3.1 Metodología de investigación de mercado

Para analizar y definir el mercado objetivo se implementaron las siguientes metodologías:

- Desarrollo de grupos focales para determinar los diferentes clientes o usuarios y diseño de encuestas. Ver anexo N° 3.
- Aplicación de encuestas con base a tamaño de muestras significativas de acuerdo a fórmulas estadísticas que permiten un error de 2%. Ver anexo N° 4.
- Análisis de resultados del muestreo estadístico.

9.3.2. Definición de Cliente

Mediante la técnica de grupos focales se logró establecer las siguientes categorías de potenciales clientes o usuarios dentro de un Campus Universitario:

- Investigador Externo
- Estudiante de pregrado
- Estudiante de postgrado
- Estudiante de extensión universitaria
- Profesor

9.3.3. Perfil del cliente.

Basados en información suministrada por la Universidad se estableció el perfil socioeconómico del usuario que se muestran a continuación:

| Facultad | Nivel Socioeconómico % | | | | | | |
|--------------------------------|------------------------|------------|------------|--------|----------|-----------------|-------|
| | Alta | Media alta | Media baja | Obrera | Marginal | Sin Información | Total |
| Ciencias Económicas y Sociales | 30,76 | 28,3 | 19,32 | 13,71 | 3,69 | 4,22 | 100 |
| Derecho | 26,51 | 26,8 | 21,61 | 16,14 | 5,48 | 3,46 | 100 |
| Humanidades y Educación | 26,94 | 25,34 | 17,92 | 12,51 | 6,47 | 10,82 | 100 |
| Ingeniería | 16,33 | 16,33 | 15,65 | 11,56 | 16,05 | 24,08 | 100 |

Tabla N° 2. Nivel Socioeconómico de los estudiantes del Campus.

Con base a lo anterior se puede observar que los clientes potenciales se concentran dentro de los niveles socioeconómicos alta y medio alta, correspondientes a ingresos familiares superiores a los Bs. 800.000,00 mensuales. Podemos inferir que un 32% de la población tiene un perfil socioeconómico con capacidad de pago para contratar de manera individual el servicio de WLAN.

9.3.4. Ciclo de vida del cliente

De acuerdo a lo que se puede observar en el anexo N° 5, se puede estimar un crecimiento en la Universidad de su población actual de pregrado en un 10% obtenido tomando como referencia el comportamiento de las siguientes variables en el período académico 2000-2001:

- Se considera el peor de los casos, a efectos de periodo de uso por persona, el egreso de los alumnos en un período de cinco años.
- Se toma como referencia la información suministrada por la casa de estudios con base a los últimos 4 períodos académicos, se estima un 5% de retiro de alumnos por período académico.

De todo lo anterior expuesto podemos concluir que el ciclo de vida del cliente se mantendrá por lo menos en un período de 5 años.

9.3.5. Tamaño del mercado

El tamaño del mercado conformado por las Universidades a nivel nacional fue calculado tomando como base la población reportada por la OPSU al año 1998, para estimar la población al 2002 se tomó en cuenta un crecimiento similar al mostrado por la población estudiantil en la UCAB que fue de 12% en el periodo, ello permite establecer un mercado total para las Universidades e Institutos estudiantiles de nivel superior de 552.603 potenciales usuarios.

Los resultados de una encuesta realizada por una operadora de telecomunicaciones nacional en 8 universidades ofreció los siguientes resultados que permiten inferir los hallazgos del mercado nacional:

1. El 71 % de la población mostró interés en adquirir un servicio de WLAN
2. El 70,4 % de la población permanece entre 10 y 40 horas semanales en el Campus
3. El 72 % de la población navega entre 10 y 80 horas mensuales
4. El 21 % de la población posee computador portátil (Laptop)

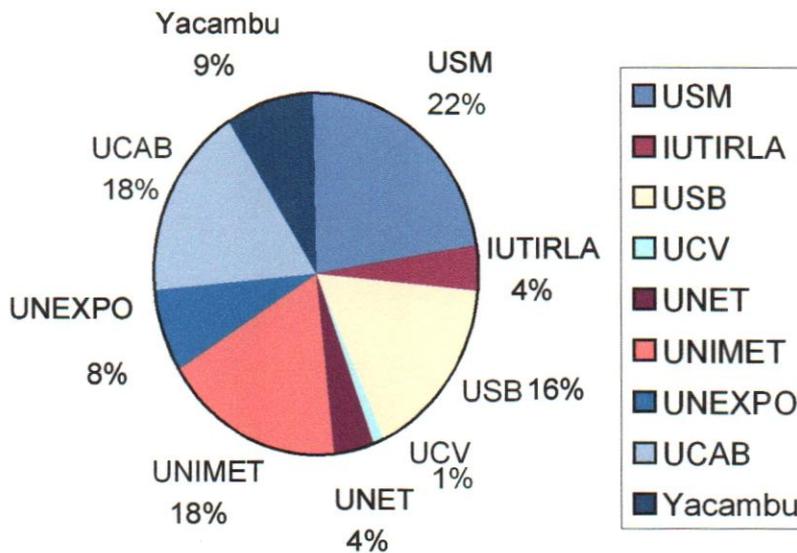


Gráfico N° 3. Distribución de las Instituciones Universitarias encuestadas a nivel nacional.

Al analizar el tamaño del mercado y los hallazgos en el comportamiento de los potenciales usuarios se puede concluir que existen oportunidades de negocios para suplir servicios a través de una red inalámbrica en las universidades a nivel nacional e incluso el desarrollo de una serie de redes inalámbricas interconectadas.

El presente caso de estudio se focaliza en determinar la factibilidad de prestar un servicio de acceso a Internet de alta velocidad a través de una red inalámbrica en un Campus Universitario del área metropolitana de Caracas.

El tamaño del mercado se define por los estudiantes de las diferentes carreras de pregrado, la data se obtuvo a partir de la administración de la Universidad sujeta a estudio.

| Facultad | Usuarios | Proporción |
|--------------------------------|----------|------------|
| Ciencias Económicas y Sociales | 2940 | 30,42% |
| Administración y Contaduría | 1683 | |
| Ciencias Sociales | 798 | |
| Economía | 459 | |
| Derecho | 1455 | 15,05% |
| Humanidades y Educación | 2998 | 31,02% |
| Comunicación Social | 937 | |
| Educación | 1430 | |
| Fil+Let+Teol | 243 | |
| Psicología | 388 | |
| Ingeniería | 2273 | 23,52% |
| Ingeniería Civil | 442 | |
| Ingeniería Industrial | 970 | |
| Ingeniería Informática | 752 | |
| Ingeniería Telecomunicaciones | 109 | |
| Total Estudiantes de Pregrado | 9666 | 100,00% |

Tabla N° 3. Tamaño del mercado.

Para llevar a cabo el análisis de factibilidad se estableció un estudio de mercado detallado en la referida población. El estudio de mercado abarcó los siguientes aspectos:

- Perfil socioeconómico del usuario
- Edad
- Preferencias de uso
- Satisfacción de los niveles de servicio
- Niveles de consumo
- Intenciones de compra

De los resultados se obtuvo los siguientes hallazgos en la investigación de mercado:

- 65.4 % consideran muy importante el acceso a Internet.
- 85.2 % navega en Internet hasta 10 horas por semana en el campus.
- 13.7 % navega en Internet entre 10 y 30 horas por semana en el campus.
- 56.0 % navega en Internet para investigación académica.
- 50.4 % no está satisfecho con el servicio de préstamo de laptop.
- 14.3 % poseen laptop para uso personal.
- 50.3 % están dispuestos a comprar por cuotas un laptop.
- 69.0 % no pagaría por un servicio de Internet mejor al prestado por la universidad.
- 34.0 % no está satisfecho con la velocidad de navegación en Internet.
- 44.4 % está satisfecho con el acceso a Internet en la universidad.
- 87.0 % dispone hasta 200 mil bolívares mensual para gastos de vida.

- El orden de importancia de los lugares para acceder Internet vía inalámbrica de más importante a menos importante fue:
Biblioteca
Laboratorio
Sala de lectura
Salón de clase
Jardines
Pasillos entre módulos
Cafetín

9.3.6. Conclusiones y recomendaciones del estudio de mercado

De los hallazgos en el Estudio de Mercado se puede concluir:

- El bajo nivel de satisfacción con el servicio de acceso a Internet en la población permite inferir que la universidad tendrá que incrementar sus inversiones para suplir esta demanda, bien sea de manera tradicional o por vía inalámbrica.
- Considerando que el uso de Internet es un elemento de alta importancia para la población y que adicionalmente es utilizado fundamentalmente para el desarrollo académico, la universidad debe considerar de manera muy especial mejorar el servicio de Internet.
- Un significativo grupo de la población considera que la velocidad del servicio de navegación en Internet debe mejorarse.
- Existen oportunidades para desarrollar propuestas de financiamiento para la adquisición de laptops lo que eventualmente podría hacer disminuir el presupuesto de inversión de la universidad en equipos terminales
- La población no aceptaría pagar un servicio de acceso a Internet, incluso en caso de que se mejore sustancialmente el nivel de calidad del mismo. De ello se recomienda que cualquier inversión en materia de mejora del servicio de Internet se recupere dentro del precio de la matrícula de manera generalizada.
- Las inversiones en materia de mejora de la disponibilidad del servicio de acceso a Internet deben enfocarse prioritariamente en las siguientes áreas: Biblioteca, Laboratorios, Salas de lectura y Salones de clase.

9.4. Diseño de la solución para el caso de estudio

A continuación se presentan los pasos a seguir para instalar una red a partir de unas especificaciones surgidas de un análisis de necesidades.

Es importante mencionar que en cualquier proyecto de este tipo y debido a las inversiones a realizar, es necesario un profundo estudio de la viabilidad del proyecto, tanto operativa, como económica.

9.4.1. Análisis de necesidades

El primer paso será conocer el punto de partida para realizar un análisis de las necesidades que se pretende cubrir. En nuestro caso de estudio se quiere brindar un servicio de acceso a Internet de alta velocidad evitando los gastos de

cableado, los costos de instalación, y que permita reubicaciones y redimensionamientos ágiles para adecuarse a las necesidades de la universidad.

9.4.2. Diseño de la red

Para el diseño de la red se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Hardware.
- Software.
- Servicios.
- Interconexión con el exterior.
- Tiempo de instalación.

Todo el diseño de la red inalámbrica se debe basar en los siguientes fundamentos:

El diseño de la solución para el campus universitario se llevó adelante con la metodología propuesta en el boletín WaveLAN Technical 024/B de la IEEE de abril de 1999, anexo N° 6. La metodología se resume en los siguientes aspectos:

- Evaluar el plano de planta con el área de cobertura de los Puntos de Acceso.
- Densidad horizontal y vertical de los Puntos de Acceso, de acuerdo a los alcances y la densidad de usuarios en zonas específicas.
- Determinar el impacto del ambiente físico en la señal, tipo de materiales de construcción utilizados.
- Estimar la cantidad de usuarios conectados simultáneamente y el tráfico en la red por usuario en zonas o grupos de zonas.

Las bases que son el fundamento principal de nuestra arquitectura, van encaminados a tener una solución 100% compatible con el estándar, que sea escalable, sencilla de configurar y fácilmente integrable con las soluciones alámbricas tradicionales tipo LAN. La solución debe permitir integrar usuarios a la red tradicional de cables, de una manera transparente y con la posibilidad de tener acceso a todos los servicios anteriormente ofrecidos, además de poder interconectar redes inalámbricas a red WAN tradicionales, valiéndose del estándar mundial 802.3, esta facilidad permitiría conectar también a diferentes elementos de red, tales como: Routers, Switches, Multiplexores, Hubs, etc. de una forma transparente, estándar y económica. También se logrará el mejor aprovechamiento de tecnologías asociadas al tema de calidad de servicio (QoS, quality of service), existentes hoy en día en las redes WAN y LAN.

Nuestra arquitectura cumple con una serie de requerimientos, los cuales son los recomendados, con el fin de poder lograr un sistema de información confiable, seguro y escalable, con una excelente relación Costo/Beneficio, del cual a continuación describimos sus fundamentos principales:

- **Simplicidad:** Se busca lograr una simplicidad total en todos los aspectos referentes a la experiencia que tiene el usuario, en lo relacionados a instalación, uso del sistema e inclusive pasando por la administración de la red, logrando así una transparencia total desde el punto de vista del usuario del sistema.
- **Reducción de costos:** Ofrecer un valor superior, a la vez que se reduce el costo de administrar y poseer la solución, dado que se tiene una solución integrada y se elimina la necesidad de tener que instalar cables físicos.

- Seguridad: La seguridad como un componente cada vez más indispensable dentro de los sistemas actuales de información, con el fin de prevenir fugas de información.
- Escalabilidad y administración: Este sistema permite crecer de acuerdo a las necesidades de los clientes, y consta de herramientas de software que facilitan la administración y detección de fallas.
- Movilidad: Diseñado con suficiente inteligencia, permitiendo así que los usuarios se muevan a través de toda la infraestructura y a su vez permanezcan conectados a los diferentes servicios ofrecidos por la red.
- Desempeño garantizado: El sistema llegará hasta los límites alcanzables dentro de la velocidad soportada por el estándar, tanto desde el punto de vista de desempeño, como de confiabilidad y así poder cumplir con las expectativas de los clientes.
- Facilidad de instalación: Evita obras para instalar el cableado.
- Flexibilidad: Permite llegar donde el cable no puede.

Con todas estas características presentes, podemos recomendar una arquitectura como la que se muestra en la figura N° 10, donde se logra una excelente movilidad, desempeño, escalabilidad y seguridad.

Esta arquitectura cumple con los puntos mencionados anteriormente y se logra la total transparencia desde el punto de vista de usuario, ya que se podría mover por la universidad y siempre permanecer conectado a sus servicios, como es el caso de acceso a Internet, correo electrónico, etc.

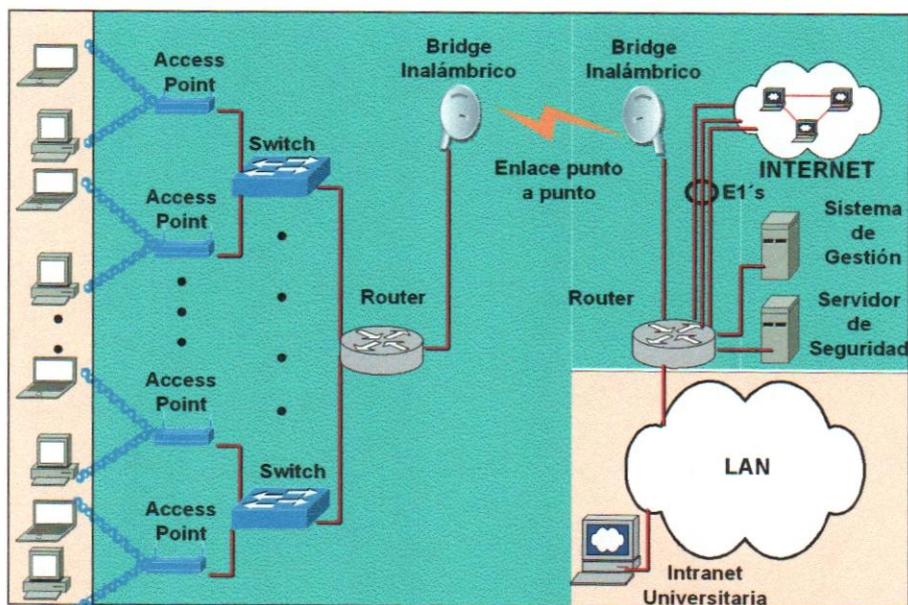


Figura N° 10. Arquitectura de una red típica propuesta.

El sistema Direct-Sequence Spread-Spectrum (DSSS) es el utilizado en nuestro sistema como tecnología RF, debido al hecho que presenta una mejor inmunidad al ruido frente a otros sistemas como Salto de frecuencia (Frequency Hopping). Este sistema genera una serie de bits redundantes para cada bit transmitido,

convirtiendo así la serie de bits en un patrón expandido a partir de los bits iniciales, dicho grupo llamado "chip" broadband. Los sistemas DSSS son resistentes a anchos de banda pequeños y ruido, logrando por este motivo una alta tasa de velocidad (11 Mbps). La tecnología DSSS es la más comúnmente utilizada en redes inalámbricas, debido a que con ella se logra una gran velocidad, que permite satisfacer las necesidades de los usuarios en lo referente a anchos de banda y soporte de variedad de aplicaciones.

En la figura N° 11 que sigue, se puede observar como un bit original, se convierte en una serie mayor de bits, de tal forma que se crea un sistema que ocupará un mayor espectro electromagnético, pero de baja potencia, y con un nivel de seguridad implícito por el hecho de realizar esta operación.

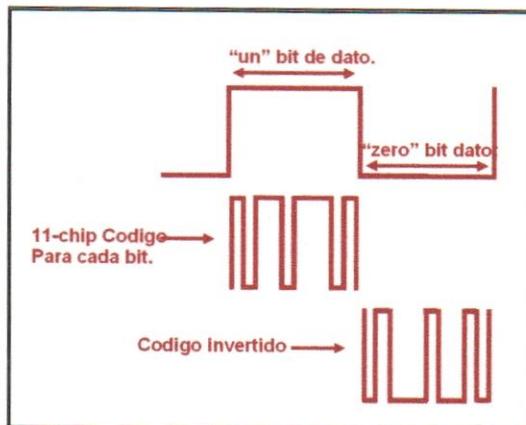


Figura N° 11. Diagrama mostrando la técnica DSSS.

La banda de frecuencia empleada, esta en el rango de 2.4GHz a 2.5GHz, y esta a su vez es dividida en 14 canales disponibles de 22 MHz, los cuales se superponen parcialmente y solo tres de ellos siendo completamente libres de superposición. Los datos son enviados por uno de estos canales de 22 MHz, sin realizar saltos como en otras tecnologías también en uso actualmente. En la figura N° 12 se puede observar, como los canales 1,6,11, no interfieren entre sí, lo que nos permitirá tener tres sistemas independientes conviviendo en un mismo espacio, mejorando la escalabilidad del sistema y el número de usuarios soportados.

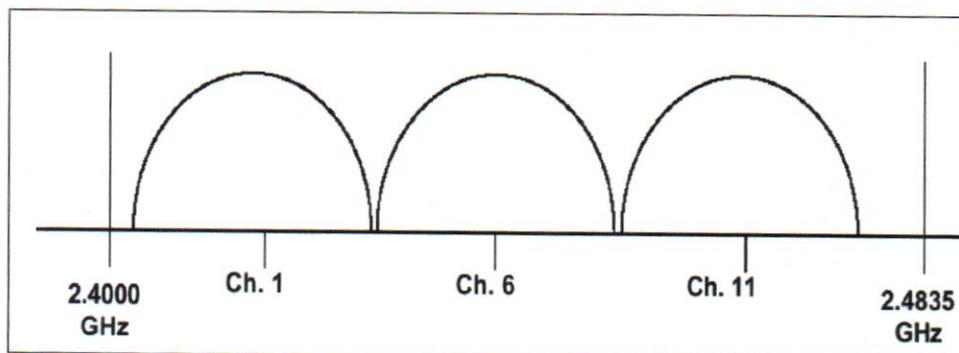


Figura N° 12. Manejo del espectro electromagnético con canales no superpuestos.

El esquema de modulación implementado es conocido como QPSK (Cuadratura Phase Shift Keying), el cual utiliza una velocidad de señalización de 1.375 MSps, y para velocidades mas bajas se usa el esquema BPSK (Binary Phase Shift Keying). Se utiliza en este esquema un modelo de codificación de 11 bits, llamado la secuencia Barker.

La razón por la cual se justifica la escogencia de la tecnología QPSK, es por el hecho de tener una buena inmunidad al ruido electromagnético y además de tener la propiedad de mejorar las velocidades obtenidas anteriormente en técnicas como (BPSK) Binary Phase Shift Keying, esto se logra por medio de una mejor eficiencia en el uso del ancho de banda, disponible en el espectro electromagnético. En la tabla N° 4 se anexa un cuadro donde se puede apreciar el esquema de modulación implementado en función de la tasa de transmisión nominal de la interfaz de aire, donde se puede observar que aumentando el número de bits/Símbolo, por ejemplo a 8, se puede lograr aumentar la velocidad, hasta llegar a la máxima de 11 Mbps.

| Velocidad | Longitud código | Modulación | Símbolos | Bit/Símbolo |
|-----------|-----------------|------------|-----------|-------------|
| 1 Mbps | 11 | BPSK | 1MSps | 1 |
| 2Mbps | 11 | QPSK | 1MSps | 2 |
| 5.5Mbps | 11 | QPSK | 1.375MSps | 4 |
| 11Mbps | 8 | QPSK | 1.375MSps | 8 |

Tabla N° 4. Esquema de modulación implementado en función de la tasa de transmisión nominal.

Los niveles de interferencia tolerados, van a depender del tipo de tecnología de modulación que este usando la señal interferente, y obviamente de cuanto sea su potencia de transmisión, asumiendo una señal no compatible con el esquema DSSS, se puede soportar una antena radiando a 7dbm máximo, el cual equivale a 5mw, y con estas condiciones se pudieran mantener unos niveles adecuados de servicio. Cada ambiente de RF es único por lo tanto, la calidad de señal y la velocidad efectiva deben ser evaluadas caso por caso.

De acuerdo al estándar 802.11 la separación debe ser de 4 canales.

En la figura N° 14 se sugiere un esquema de reuso de los canales de radiofrecuencia disponibles, considerando un modelo similar al utilizado por la tecnología celular, el cual hace uso de la propiedad de que los canales 1, 6, 11 no se sobreponen. Esto nos permite realizar un diseño de reutilización de frecuencia adecuado, logrando así extender el cubrimiento de nuestra red inalámbrica, debido al hecho que la misma frecuencia por ejemplo la número 1, se puede volver a utilizar, garantizando que no se sobrepongan entre sí, diferentes Puntos de Acceso, con la misma frecuencia.

La arquitectura celular provee un ininterrumpido cubrimiento de un sitio a otro, con el uso de la funcionalidad de roaming. Cuando la unidad móvil se mueve de una celda a otra, la señal es transportada hacia otra celda. Este método ha resultado ser eficiente no sólo en redes locales inalámbricas sino también en las redes WAN.

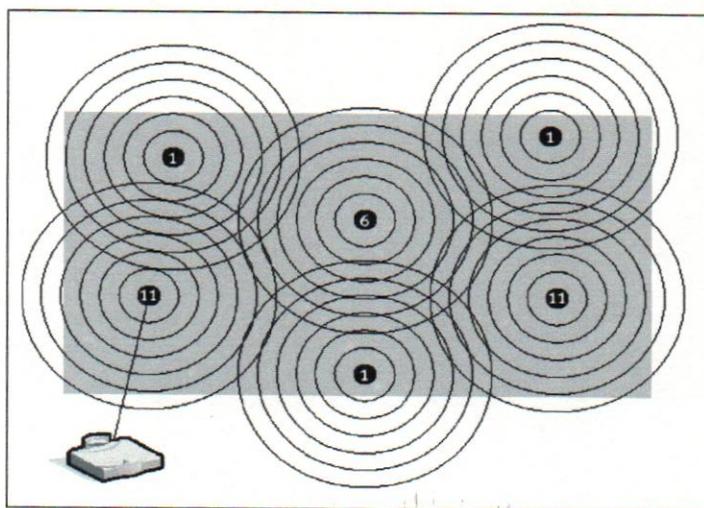


Figura N° 14. Esquema sugerido de reuso de canales.

9.4.3. Seguridad

El esquema general recomendado para la implementación de la seguridad en la red WLAN, incluye tanto la posibilidad de hacer autenticación como de encriptación. En la parte de autenticación se utilizan lista de control de acceso, los Puntos de Acceso usan listas con las direcciones individuales MAC, con el fin de poder detener usuarios no autorizados de acceder a los servicios de la red. Además las estaciones necesitan conocer de antemano la identificación de sus puntos de acceso, antes de poder ser conectados, o asociados a un Punto de Acceso específico.

A nivel de encriptación, usando la especificación IEEE 802.11 Wired Equivalent Privacy (WEP), con el algoritmo de 40-bit o 128-bit RC4, se puede lograr obtener un esquema de seguridad adecuado y poder prevenir la salida de información desde la organización.

Además de las tecnologías anteriormente citadas, las técnicas de RF y modulación utilizadas hacen que las señales transmitidas sean percibidas como ruido de bajo nivel para usuarios que traten de obtener información, esta característica propia de la tecnología Spread-Spectrum, previene a los intrusos intervenir las comunicaciones.

Entre los elementos adicionales que se requerirían para complementar la solución, se cuenta con el sistema de autenticación RADIUS, el cual es fácil de adquirir por ser un protocolo estándar y el MPPE que viene con la mayoría de sistemas operacionales tipo PC.

Para proporcionar el servicio de autenticación se hace uso extensivo de la tecnología de lista de acceso (ACL), las cuales le permiten al AP saber exactamente los usuarios permitidos para proceder a su respectiva asociación y posterior conexión a todos los servicios de la red. Esto brinda un sistema confiable de autenticación, porque las listas de acceso se crean con base a la dirección en hardware de cada uno de los futuros usuarios de la red, controlando así la penetración por desconocidos a la información.

El esquema empleado para proporcionar el servicio de autenticación se describe a continuación:

- Conectividad al punto de acceso. (Lista de acceso a nivel 2)
 - El punto de acceso puede ser configurado para aceptar o negar el acceso dependiendo de una lista configurada con anterioridad. El punto de acceso reconocerá la dirección MAC con el fin de poder autorizar la asociación.
 - Cada punto de acceso es asociado con un WLAN Service Area Identifier (WSA_ID).
 - Cada estación debe conocer el WSA_ID de su AP, para poder conectarse a la red.
- Conectividad a los servidores.
 - Autenticación de red: El punto de acceso usa el protocolo Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) para obtener una dirección IP y parámetros de configuración desde un servidor remoto para ser entregados a sus clientes.

Para complementar aún más la solución se puede hacer uso de un Firewall, para tener un mejor control sobre la seguridad de la red.

La tecnología implementada en nuestra solución para proveer encriptación en la interfaz de aire, es conocida como el protocolo Wired Equivalent Privacy (WEP), el cual hace uso de la comunicación inalámbrica un sistema seguro y protegido, equivalente a la seguridad de algunos sistemas alambrados. Para dicha encriptación se utiliza un algoritmo de la RSA, de 40-bit clave compartida. Todos los datos enviados y recibidos mientras el cliente y el punto de acceso están asociados, pueden ser encriptados usando esta llave. Además del protocolo WEP proporcionado por el estándar, esta la posibilidad de usar Dynamic Security link - un método de encriptación de 128-bit, que incluye una clave compartida de 128-bit y una llave de encriptación de sesión también de 128-bit. Con una llave de encriptación de sesión, el Dynamic Security link automáticamente, genera una única llave entre el punto de acceso y las estaciones inalámbricas.

Por último es posible utilizar protocolos mas orientados a IP.

El punto de acceso provee también facilidades para limitar los paquetes que él pueda retransmitir. La definición de filtros, mejorará la seguridad, como también el desempeño, ya que se pueden eliminar paquetes tipo broadcast de la red inalámbrica.

Con la utilización de un Switch de capa 3 que posea características de crear redes virtuales, ya sea basado en subnet, direcciones MAC, etc., se puede crear un esquema de que todos los usuarios que entran al mismo AP, luego sean separados de acuerdo a ciertos requerimientos, y luego asociados cada uno de estos grupos a una VLAN diferente.

9.4.4. Características de los equipos para la solución

Los equipos requeridos para esta solución son:

- Punto de acceso (AP).
- Conexión entre edificios.
- Servidor.
- Switches o routers

Todos los equipos anteriores trabajan de acuerdo al estándar 802.11b operan a las siguientes velocidades: 1, 2, 5.5, y 11 Mbps.

El estándar 802.11b provee una velocidad de 11 Mbps. La velocidad efectiva real puede ser menos, de la misma manera que en Ethernet es menos de 10 Mbps. Con el 802.11b, la velocidad efectiva puede variar, dependiendo en el tamaño del archivo, número de usuarios, y la distancia al AP. La velocidad efectiva será menos que 11Mbps. En general se debe esperar una velocidad efectiva real de una tercera parte, a la mitad de la velocidad nominal, lo que daría una velocidad efectiva de 4.4Mbps, cuando esté operando a 11Mbps. Estos resultados referenciales se obtuvieron de una red de 30 usuarios, con un acceso aleatorio hacia Internet, correo electrónico, etc. Se anexan unos datos relacionados, para poder ver, como la distancia es un factor importante en la forma como afecta el valor de la velocidad efectiva, y en la gráfica que sigue a continuación se puede ver como a medida que nos alejamos del AP, la velocidad se irá adaptando dinámicamente a las nuevas condiciones de recepción de la señal portadora.

- Hasta 24m. @ 11Mbps
- Hasta 36m. @ 5.5Mbps
- Hasta 61m. @ 2Mbps
- Hasta 91m. @ 1Mbps

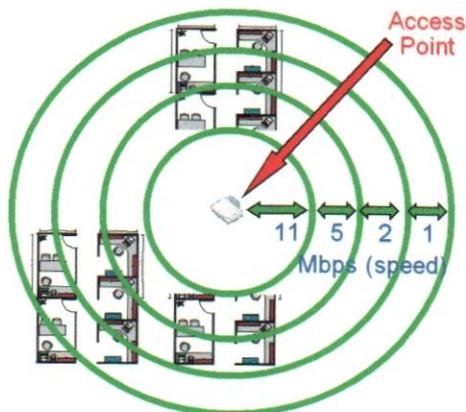


Figura N° 15. Gráfica de la variación de la velocidad vs. la distancia de aproximación al punto de acceso.

El área de cobertura máxima que se puede alcanzar con el AP, tiene un rango de aproximadamente 100 m. en ambientes normales de oficina. Sin embargo el rango es dependiente del ambiente y los obstáculos que puedan interferir con la propagación de las ondas electromagnéticas, tales como paredes de cemento, laminas de acero, elevadores. La velocidad estará basada por ejemplo en la distancia al AP y combinando esto con una adaptación dinámica de la velocidad, permite a los usuarios moverse por la red y mantenerse conectados a velocidades de 5.5, 2 y 1 Mbps, dependiendo obviamente de la distancia. En sistemas abiertos (al aire libre) el AP puede llegar a 304 m. de cobertura. En función de las distintas tasas de transmisión nominal para las cuales operan los equipos se pueden obtener las siguientes distancias:

- Hasta 24m. @ 11Mbps
- Hasta 36m. @ 5.5Mbps
- Hasta 61m. @ 2Mbps
- Hasta 91m. @ 1Mbps

Con la utilización del dispositivo conexión entre edificios el área de cobertura máxima que se puede alcanzar tanto en transmisión y recepción, es del orden de 4,146 metros, entre los dispositivos dependiendo de la escogencia adecuada de la antena y su instalación evitando al máximo la presencia de obstáculos. A continuación se muestran los datos de distancia dependiendo del tipo de antena utilizado:

- Antena 4dbi omnidireccional punto a multipunto: Hasta 2600 metros.
- Antena 8dbi omnidireccional punto a multipunto: Hasta 4100 metros.
- Antena 13dbi con panel punto a punto: Hasta 4100 metros.
- Antena 18dbi con panel punto a punto: Hasta 4100 metros.

Sensibilidad de recepción:

- 11 Mb: -81 dBm
- 5.5 Mb: -84 dBm
- 2 Mb: -85 dBm
- 1 Mb: -87 dBm

La solución permitirá roaming, queriendo decir por esto que cuando el usuario deja el rango de AP, ellos automáticamente saltan al siguiente disponible, asegurando que la conexión no se caiga. Sin embargo si el usuario se coloca fuera del alcance de cualquiera AP, entonces la red se suspenderá y se activará de nuevo tan pronto como el usuario está de nuevo en el rango. También soporta movilidad IP, (roaming across routers) cuando el equipo es propiamente configurado. El cliente inalámbrico mantiene su dirección de red, mientras se mueve entre subredes, entre segmentos Ethernet o de un segmento Ethernet a una WLAN. La movilidad IP requiere un software en cada router, que se encargue de manejar el envío de los paquetes, entre el router más cercano al usuario y su router de inicio.

Los retardos introducidos por los elementos de la solución global se expresan a continuación en función de las diferentes tasas de transmisión nominal a lo que operan los dispositivos:

- 1 Mbps: 50 ns
- 2 Mbps: 50 ns
- 5.5 Mbps: 50 ns
- 11 Mbps: 50 ns

El AP seleccionado puede llevar a cabo un balanceo de tráfico en ambientes de alta congestión, dada sus capacidades inteligentes, junto con las tarjetas PC Cards y PCI, las cuales automáticamente pueden reconectarse al mejor AP disponible, cuando al que están conectados actualmente esté muy congestionado o la señal de radio frecuencia llegara a debilitarse. Esto asegura un ininterrumpido acceso a la red y a los servicios, manteniendo una excelente velocidad de conectividad. La funcionalidad esta implícita en el software/hardware de las tarjetas de red, junto con la inteligencia del AP, no se requiere de ninguna

configuración o procedimiento especial, y el único requerimiento para que esta funcionalidad se pueda llevar a cabo es que los equipos estén operando correctamente y que no exista ninguna interferencia en el sistema, que pudiera de alguna manera confundir a los dispositivos, para que no operen de acuerdo a lo preestablecido.

Cada AP soporta hasta 63 usuarios simultáneos y provee unos (100 m.) de cobertura en un ambiente normal de oficina.

La metodología empleada para ejecutar y administrar el esquema de direccionamiento lógico, está basada en la utilización del protocolo Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP), el cual puede ser utilizado automáticamente para obtener una dirección prestada IP, desde un servidor DHCP, para permitir que los usuarios puedan moverse libremente, renovando su dirección IP tan pronto como ellos suspenden o reactivan operaciones.

A continuación incluimos un cuadro comparativo de las tecnologías Wireless LAN, donde participan los proveedores más importantes dentro del mercado de soluciones inalámbricas.

| COMPARATIVA DE FABRICANTES | 3Com AirConnect | Cisco Aironet | Lucent Orinoco | Cabletron RoamAbout |
|-----------------------------------|--------------------------------|---|---|---|
| Roaming Capa 3 | Sí | No | No | No |
| Power Over Ethernet | Sí | Sí | Sí | Sí |
| Management | Serie, PPP, Telnet, Web, SNMP | Serie, Telnet, Web, SNMP | SNMP | Serie, SNMP |
| Antena Xjack | Sí | No | No | No |
| Sist. Operativos | Win 2000, '98, '95, NT 4.0, CE | Win 2000, '98, '95, 3.11, NT 4.0, CE, Unix, Netware | Win 2000, '98, '95, 3.11, NT 4.0, CE, Unix, Netware | Win 2000, '98, '95, 3.11, NT 4.0, CE, Unix, Netware |
| Usuarios por AP | 63 | 2048 | < 60 | 250 |
| PCMCIA con diversidad de Antena | Sí | No | No | No |
| Auto Network Connect | Sí | No | No | No |
| Participación Ventas EEUU 1Q/2000 | 32% | 2% (*) | 9% | 4% |

(*) Sólo considera ventas realizadas por Cisco posteriores a la adquisición de Aironet

Tabla N° 5. Cuadro comparativo fabricantes de tecnologías WLAN.

9.4.5. Premisas para establecer el dimensionamiento de la solución.

El diseño de la solución tiene como base de partida dos aspectos:

- Satisfacer las necesidades del mercado identificado
- Producir el menor costo

La dimensión de la solución final variará de acuerdo al modelo de negocio que se logre establecer ya que las diferentes inversiones y su recuperación en el tiempo pueden impactar significativamente el proyecto.

A efectos de definir los equipos necesarios para establecer la red inalámbrica WLAN en el campus universitario, se consideran los siguientes aspectos particulares identificados a continuación:

- Con base a la investigación de mercado y al comportamiento del usuario en cuanto a la demanda de servicio inalámbrico de telefonía móvil establecimos las siguientes localidades a los efectos de ofrecer cobertura de la WLAN: laboratorios, salas de lectura, salón de clase, biblioteca y cafetín.
- El ancho de banda del acceso de Internet será ajustado en la medida que los sistemas de gestión de la red determinen la necesidad de su incremento y para ello se contará con la disponibilidad del ISP para este crecimiento.
- La ocupación máxima de los salones de clase es de 50 alumnos.
- La dimensión longitudinal de los salones no excede 50 metros. Ver planos en anexos N° 7, 8, 9 y 10.
- Las paredes de los salones son de un material que no permite la propagación de la onda más allá del recinto.
- Los aspectos anteriores permiten definir el requerimiento de un AP para cada salón ya que permite servir hasta 63 usuarios simultáneos a alta velocidad en una distancia no mayor a 50 metros.
- A pesar de que el pasillo del piso 3 que interconecta todos los módulos del edificio principal no fue identificado en el estudio de mercado como prioritario, se propone establecer cobertura de WLAN, para ello se colocarán tres AP que garantizan cobertura en toda su extensión. Ver plano de planta en anexo N° 8.
- Existe la posibilidad de acceder a la LAN en todos los edificios en los cuartos de cableado, la conexión al backbone se realizará por medio de una conexión al switch que concentra alrededor de veinte AP, mientras que los AP se conectarán por medio de la interfaz 10BASE-T a dicho switch. Ver anexo N° 11.
- Se colocarán puntos de extensión para ofrecer cobertura al cafetín exterior (Ver Plano General en anexo N° 7) a los edificios principales
- A fin de reducir los costos de instalación de cableado de alimentación eléctrica, se propone colocar el módulo de alimentación base T para suministrar la energía necesaria para el funcionamiento del punto de acceso.
- A efectos de garantizar la seguridad en el sistema se utilizará el protocolo de encriptación WEP definido por el estándar IEEE 802.11

La configuración propuesta se considera suficiente para cumplir con las necesidades de acceso a Internet en alta velocidad en una fase inicial del proyecto, sin embargo una vez que el usuario demande más este servicio, se incremente la penetración de equipos inalámbricos, y exista una madurez de la tecnología implementada será posible la extensión de la capacidad de la red inalámbrica. Los detalles de equipos necesarios para la solución se muestran en el anexo N° 12.

9.4.6. Escenarios de Negocios.

Se determinaron varios esquemas de negocio para ofrecer el servicio de acceso a Internet por vía inalámbrica de alta velocidad dentro del Campus Universitario.

- Universidad.
- Empresa de servicios (De tecnología).
- Alianza Universidad – Empresa de servicios.

9.4.6.1 Premisas para el análisis financiero

A efectos de realizar los análisis financieros de las diferentes modalidades planteadas, se definieron las siguientes premisas generales:

- Crecimiento anual de la población estudiantil: 2%
- Penetración inicial de usuarios para el primer año: 10%
- Crecimiento anual de la penetración de usuarios: 30%
- Meses de cobro de la matrícula: 12
- Paridad cambiaria bolívar/dólar: 990,00
- Periodo de análisis: 5 años
- Tasa de retorno anual esperada para el capital invertido: 50% (1)

(1) De acuerdo a tasa bancaria, colocación a plazos

9.4.6.2. Análisis de negocio: Modalidad Universidad.

La Universidad provee el servicio de acceso inalámbrico a Internet.

Consideraciones del modelo

- Requiere la asignación de capital y recursos operativos para el desarrollo de la plataforma tecnológica
- Es responsable de la actualización tecnológica
- La universidad aprovecha el backbone cableado existente
- Las inversiones deben amortizarse en menos de 3 años
- Asume el riesgo de la viabilidad del proyecto
- Contrata acceso a internet a terceros

Tiempo de depreciación de equipos (3 Años

| | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Incremento de matrícula (mensual) | 3170 | 3170 | 3170 | 3170 | 3170 |
| Ingresos | 367.694.640 | 375.048.533 | 382.549.503 | 390.200.494 | 398.004.503 |
| Costo de Acceso Internet | 64.615.320 | 64.615.320 | 104.030.665 | 104.030.665 | 104.030.665 |
| Gastos de Operación | 3.434.508 | 3.434.508 | 3.434.508 | 3.434.508 | 3.434.508 |
| Gastos de Mantenimiento | 3.434.508 | 3.434.508 | 3.434.508 | 3.434.508 | 3.434.508 |
| Depreciación de equipos | 114.483.600 | 114.483.600 | 114.483.600 | | |
| Ganancia-Pérdida antes ISRL | 181.726.704 | 189.080.597 | 157.166.222 | 279.300.812 | 287.104.822 |

| | |
|-------------------------|--------------|
| Inversión Inicial | -343.450.800 |
| Tasa Mínima esperada | 50% |
| Valor Presente Neto | 1.282.500 |
| Tasa Interna de Retorno | 50% |

Nota: Valores en Bolívares

Tabla N°6. Caso de Negocio Universidad

9.4.6.3. Análisis de negocio: Modalidad Empresa

Bajo este modelo una empresa provee toda la solución para brindar el acceso inalámbrico a Internet

Consideraciones del modelo.

- La empresa puede comercializar el servicio a la Universidad o al usuario final
- La empresa debe desarrollar su propio backbone
- Es responsable de la actualización tecnológica.
- Asume el riesgo de la viabilidad del proyecto.
- Es posible desarrollar nuevas oportunidades de negocio en este mercado

Tiempo de depreciación de equipos (5 Años

| | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Incremento de matrícula (mensual) | 2980 | 2980 | 2980 | 2980 | 2980 |
| Ingresos | 345.656.160 | 352.569.283 | 359.620.669 | 366.813.082 | 374.149.344 |
| Costo de Acceso Internet | 32.307.660 | 32.307.660 | 52.015.333 | 52.015.333 | 52.015.333 |
| Gastos de Operación | 3.949.308 | 3.949.308 | 3.949.308 | 3.949.308 | 3.949.308 |
| Gastos de Mantenimiento | 3.949.308 | 3.949.308 | 3.949.308 | 3.949.308 | 3.949.308 |
| Depreciación de equipos | 78.986.160 | 78.986.160 | 78.986.160 | 78.986.160 | 78.986.160 |
| Ganancia-Pérdida antes ISRL | 226.463.724 | 233.376.847 | 220.720.560 | 227.912.974 | 235.249.235 |

| | |
|-------------------------|--------------|
| Inversión Inicial | -394.930.800 |
| Tasa Mínima esperada | 50% |
| Valor Presente Neto | 1.165.914 |
| Tasa Interna de Retorno | 50% |

Nota: Valores en Bolívares

Tabla N° 7. Caso de Negocio Empresa

Tiempo de depreciación de equipos (5 Años

| | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Incremento de matrícula (mensual) | 215.000 | 215.000 | 215.000 | 215.000 | 215.000 |
| Ingresos | 207.819.000 | 275.567.994 | 365.403.160 | 484.524.590 | 642.479.607 |
| Costo de Acceso Internet | 32.307.660 | 32.307.660 | 52.015.333 | 52.015.333 | 52.015.333 |
| Gastos de Operación | 3.949.308 | 3.949.308 | 3.949.308 | 3.949.308 | 3.949.308 |
| Gastos de Mantenimiento | 3.949.308 | 3.949.308 | 3.949.308 | 3.949.308 | 3.949.308 |
| Depreciación de equipos | 78.986.160 | 78.986.160 | 78.986.160 | 78.986.160 | 78.986.160 |
| Ganancia-Pérdida antes ISRL | 120.934.224 | 188.683.218 | 278.518.384 | 397.639.814 | 555.594.831 |

| | |
|-------------------------|--------------|
| Inversión Inicial | -394.930.800 |
| Tasa Mínima esperada | 50% |
| Valor Presente Neto | 3.786.077 |
| Tasa Interna de Retorno | 50% |

Nota: Valores en Bolívares

Tabla N° 8. Caso de Negocio Empresa justificado sólo por usuarios

9.4.6.4. Análisis de negocio: Modalidad Alianza Universidad – Empresa

Este modelo contempla una alianza entre las partes para proveer el servicio a los usuarios.

Consideraciones del modelo

- El riesgo de la viabilidad del proyecto es compartido
- El capital y recursos pueden ser aportados por la empresa mientras que la Universidad se responsabiliza de la administración de la suscripción y cobro del servicio
- Se aprovecha el backbone cableado existente de la universidad
- La responsabilidad de la actualización tecnológica es compartida o puede pesar fundamentalmente en la empresa de servicios
- En caso de que la empresa sea una operadora de telecomunicaciones se obtienen ventajas adicionales en la alianza por el apalancamiento en la infraestructura de servicios existentes

Tiempo de depreciación de equipos (5 Años

| | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Incremento de matrícula (mensual) | 2260 | 2260 | 2260 | 2260 | 2260 |
| Ingresos | 262.141.920 | 267.384.758 | 272.732.454 | 278.187.103 | 283.750.845 |
| Costo de Acceso Internet | 56.263.680 | 56.263.680 | 90.584.525 | 90.584.525 | 90.584.525 |
| Gastos de Operación | 99.000 | 99.000 | 99.000 | 99.000 | 99.000 |
| Gastos de Mantenimiento | 99.000 | 99.000 | 99.000 | 99.000 | 99.000 |
| Depreciación de equipos | 1.980.000 | 1.980.000 | 1.980.000 | 1.980.000 | 1.980.000 |
| Ganancia-Pérdida antes ISRL | 203.700.240 | 208.943.078 | 179.969.929 | 185.424.578 | 190.988.320 |

| | |
|-------------------------|--------------|
| Inversión Inicial | -343.450.800 |
| Tasa Mínima esperada | 50% |
| Valor Presente Neto | 315.176 |
| Tasa Interna de Retorno | 50% |

Nota: Valores en Bolívares

Tabla N° 9. Caso de Negocio Alianza Universidad - Empresa

En la siguiente tabla N° 10 se muestran los indicadores más importantes de los casos de negocio analizados, en donde resalta el modelo de Alianza como el más conveniente para el usuario.

| | Universidad | Empresa | Alianza | Empresa (1) |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Incremento de matrícula (Bs.) p/persona | 3.160 | 2.980 | 2.260 | 215.000 |
| Inversión (Bs.) | 343.450.800 | 394.930.800 | 343.450.800 | 394.930.800 |
| Ganancia antes ISRL (Bs.) | 171.323.904 | 226.464.724 | 191.511.144 | 120.934.224 |
| TIR (%) | 50 | 50 | 50 | 50 |

(1) Caso en que la Empresa presta el servicio sólo a usuarios

Tabla N°10. Resumen del análisis financiero

10. Conclusiones

1. Existe un bajo nivel de satisfacción con el servicio de acceso a Internet en la población del campus universitario.
2. La universidad se verá obligada a incrementar sus inversiones para suplir la demanda insatisfecha de acceso a internet, bien sea de manera tradicional o por vía inalámbrica.
3. Implementar la solución con una inversión acordada en una Alianza con una empresa o tercerizar el proyecto. El modelo que ofrece el menor impacto sobre el incremento de la matrícula en el estudiantado es la alianza Universidad-Empresa.
4. En el caso de que la Universidad asuma el desarrollo del servicio requerirá hacer una inversión del orden de 343 millones de bolívares, la cual es significativa y distrae recursos para los fines u objetivos propios de la naturaleza de este tipo de ente.
5. La opción más favorable, entre las analizadas, es la Alianza entre la universidad y una empresa de servicios debido a que:
 - La universidad no realiza inversiones
 - Se aprovecha y amplía la plataforma existente de la red sin generar inversiones adicionales por la Universidad
 - Se obtienen costos mejorados para el acceso global a internet de la Universidad
 - Se reduce la inversión futura de la universidad en el crecimiento de su red LAN cableada
6. El análisis financiero y de mercado demuestra que es inviable la solución de comercializar los servicios inalámbricos para un número de usuarios en particular.

11. Recomendaciones

1. El uso de Internet es un elemento de alta importancia para la población y es utilizado fundamentalmente para el desarrollo académico, por ello, la universidad debe interesarse de manera muy especial en mejorar el servicio de Internet.
2. La población del campus no aceptaría pagar de manera expresa por un servicio de acceso a Internet, incluso en caso de que se mejore sustancialmente el nivel de calidad del mismo. De ello se recomienda que cualquier inversión en materia de mejora del servicio de Internet se recupere dentro del valor de la matrícula de manera distribuida en toda la población estudiantil.
3. Sería conveniente la alianza con una empresa líder en tecnología y capaz de proveer un ahorro en el acceso de Internet y descongestión de la red actual.
4. La Universidad podría posicionarse como una institución de vanguardia al disponer de tecnología de comunicación de datos inalámbricos de alta velocidad lo que ayudaría a incrementar la atracción sobre el mercado estudiantil universitario.
5. Debido a la falta de experiencia con redes WLAN en ambientes universitarios en el país es recomendable que una vez instalada la red se realice un monitoreo de la misma de forma periódica con la finalidad de proyectar las necesidades de ancho de banda.

12. Bibliografía

- Boletín Estadístico de Educación Superior N°18. Consejo Nacional de Universidades. Oficina de Planificación del Sector Universitario.
- Huidobro José: Redes y Servicios de Telecomunicaciones. Editorial Paraninfo 1999, 509 p.
- Rodríguez, Jorge: Introducción a las Redes de Área Local. Editorial McGraw-Hill, 1996, 151 p.
- Mark Berenson, David Levine; Estadística para Administración y Economía, Editorial Interamericana 1989, 720 p.
- www.re-think.com
- www.ieee.org
- www.canalti.com
- www.wirelessethernet.org
- www.80211-planet.webopedia.com
- www.3Com.com
- www.Cisco.com
- www.Nortel.com
- www.redes.com
- www.WIFI.com
- www.conatel.gov.ve
- www.cantv.net
- www.lucent.com
- www.pcworld.com
- www.instat.com
- www.hiperlan2.com
-

13. Glosario

A

Access Point (AP) – Punto de Acceso: Permiten doblar el rango entre el cual los dispositivos pueden comunicarse, pues actúan como repetidores, también a través de estos se puede conectar a la red cableada cualquier nodo inalámbrico para que tenga acceso a los recursos de la red.

Ancho de Banda: cantidad de data que se puede transmitir a través de una conexión dada. A mayor ancho de banda, mas cantidad de información podrá fluir por la conexión.

B

Backbone: tuberías por las cuales viaja la señal a través de Internet.

C

CONATEL: Comisión Nacional de Telecomunicaciones – ente regulador de las telecomunicaciones en Venezuela.

D

Direct Sequense Spread Spectrum (DSSS): Espectro expandido por secuencia directa.

F

Frecuency Hopping Spread Spectrum (FHSS): Espectro expandido por salto de frecuencias.

I

IEEE: Institute Enginery Electric and Electronic – organización que incluye como miembros a ingenieros, a científicos y a establecimientos de la electrónica y campos aliados. Tiene mas de 300.000 miembros y establece estándares para las computadoras y las comunicaciones.

H

Hardware: todos los componentes y objetos que se pueden tocar, como disquetes, monitores, teclados, impresoras, etc.

K

Kbps: Kilo bits por segundo – unidad de ancho de banda

L

LAN: Local Area Network – red de área local interna de computadoras e información de una compañía.

M

Mbps: Mega bits por segundo – unidad de ancho de banda.

R

Router: maquina que direcciona el tráfico de datos. Enruta la información hacia su destino.

S

Servidor: computadora que maneja procedimientos de red, como intercambio de información o procesamiento de ordenes para imprimir. Los servidores hacen diferentes cosas dependiendo del software que se le instale. Por ejemplo un servidor web procesa ordenes para visualizar paginas de la red mundial www.

Software: instrucciones de una computadora, data. Cualquier cosa que pueda ser almacenada electrónicamente.

W

WAN: Wide Area Network – redes que incluyen a otras más pequeñas.

WEP:Wired Equivalent Privacy – permite proteger la información transmitida encriptada utilizando las técnicas WEP-40 y WEP-128 de acuerdo a la especificación IEEE 802.11.

WLAN: Wireless Local Area Network – es un sistema de comunicaciones de datos flexible utilizado como alternativa a la LAN cableada o como una extensión de esta.

ANEXOS

Anexo N° 1

Diagrama de Gantt.

Anexo N° 2

Condiciones Regulatorias emitidas por
CONATEL.

Situación Venezuela

Perspectiva Regulatoria de las bandas de Libre Uso



Situación Nacional del Espectro (*Spread Spectrum*)

| Banda | Atribución UIT REGIÓN 2 | Atribución CONATEL | NOTAS NACIONALES |
|---------------------|---|--|---|
| 902 – 928 MHz | FIJO Aficionados Móvil salvo móvil aeronáutico S5.CCC Radiolocalización S5.150 S5.325 S5.326 | 902 – 908 MHz FIJO 908-915 MHz FIJO MOVIL salvo móvil aeronáutico 915-918,5097 MHz FIJO 918,5097 – 920,5037 MHz FIJO MOVIL 920,5037 – 928 MHz FIJO | |
| 2 450 – 2 483,5 MHz | FIJO MÓVIL RADIOLOCALIZACIÓN S5.150 S5.394 | FIJO RADIOLOCALIZACIÓN | <p>V20: 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.</p> <p>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.</p> |

Fuente: Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias (CUNABAF) Gaceta N° 5.540-A 04 de julio 2001.

Situación Nacional del Espectro (*Spread Spectrum*)

| Banda | Atribución UIT REGIÓN 2 | Atribución CONATEL | NOTAS NACIONALES |
|-------------------|--|--|--|
| 5 725 – 5 830 MHz | RADIOLOCALIZACIÓN Aficionados S5.150 S5.453 S5.455 | RADIOLOCALIZACIÓN FIJO Aficionados | V25: 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 para uso gubernamental. |

Fuente: Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias (CUNABAF) Gaceta N° 5.540-A 04 de julio 2001.

Resolución para banda 2.4 GHz (B O R R A D O R)

Artículo 1. Normalizar el uso en cuanto a niveles de potencia y canalización de los equipos de telecomunicaciones que utilizan el espectro radioeléctrico en la banda de frecuencia comprendida entre 2400 MHz a 2483.5 MHz, tanto para aplicaciones en ambientes cerrados como en ambientes abiertos .

Artículo 2. Se asigna un bloque comprendido entre 2450 MHz a 2483.5 MHz, para los equipos que sean utilizados para aplicaciones en ambientes cerrados en redes de área local inalámbricas . Estos deben cumplir un límite de potencia máximo de 100 mW y mantener un ancho de guarda de 3.5 MHz para el límite superior y 4.5 MHz para el límite inferior de la banda de frecuencia designada para este uso.

Artículo 3. Se asigna un bloque comprendido entre 2400 MHz a 2483.5 MHz con características de uso secundario, a los equipos con interfaces inalámbricas para aplicaciones en ambientes cerrados, denominados Bluetooth. Dichos equipos no deben exceder bajo ningún concepto los límites de potencia de 100 mW.

Artículo 4. Cualquier otro equipo que utilice la tecnología de banda esparcida tanto para aplicaciones en ambientes cerrados como abiertos, bajo cualquiera de sus modalidades que no se haya hecho mención en esta resolución, solo podrá operar en la banda comprendida entre 2450 MHz a 2483.5 MHz y con un límite de potencia máximo de 100 mW.

Anexo N° 3

Encuesta realizada para el
Estudio de Mercado.

Encuesta Proyecto Red Inalámbrica

Mediante la presente encuesta queremos conocer su opinión sobre diferentes aspectos que nos servirán para diseñar una propuesta de mejoras de los servicios y la tecnología de Internet que dispone la universidad. Agradecemos nos otorgue unos minutos de su valioso tiempo que redundará en mejor servicio para todos.

1.- ¿ A que categoría perteneces dentro de la Universidad ?

Investigador externo ____
Estudiante pregrado ____
Estudiante postgrado ____
Estudiante de extensión universitaria ____
Personal administrativo ____
Profesor tiempo completo ____
Profesor contratado ____
Contratistas ____

2.- ¿ A que carrera perteneces ?

3.- En caso de ser estudiante en que nivel te encuentras:

Semestre ____ Año ____

4.- Sexo:

F ____ M ____

5.- Edad:

Menos de 18 ____
18 - 25 ____
26 - 30 ____
31 - 40 ____
41 - 50 ____
Más de 50 ____

6.- ¿ Trabajas actualmente ?

Si ____ No ____

7.- ¿ Cuántas horas a la semana pasas en la Universidad ?

Menor a 10 ____
10 ____ 20 ____
21 ____ 30 ____
31 ____ 40 ____
Mayor a 40 ____

8.- ¿ Cuántas horas a la semana navegas en Internet dentro de la Universidad ?

Menor a 10 ____
10 - 20 ____
21 - 30 ____
31 - 40 ____
Mayor a 40 ____

9.- ¿ Cuán importante es para ti acceder a Internet en la Universidad ?

Muy importante ____
Medianamente Importante ____
Importante ____
Poco Importante ____
Nada Importante ____

10.- ¿ Cuán satisfecho estás con el servicio de acceso a Internet que te presta la Universidad ?

Muy satisfecho ____
Medianamente satisfecho ____
Satisfecho ____
Poco satisfecho ____
Nada satisfecho ____

11.- ¿ Cuán satisfecho estás con la velocidad de navegación en Internet que te presta la Universidad ?

Muy satisfecho ____
Medianamente satisfecho ____
Satisfecho ____
Poco satisfecho ____
Nada satisfecho ____

12.- Cuán satisfecho estás con el servicio de préstamo de laptop que te brinda la Universidad ?

Muy satisfecho ____
Medianamente satisfecho ____
Satisfecho ____
Poco satisfecho ____
Nada satisfecho ____

13.- En una escala de valores del 1 al 7, ¿ Qué importancia le das a la navegación en Internet ?
(1 más importante, 7 menos importante)

Investigación académica ____
Comunicación con otros (mail) ____
Entretenimiento ____
Chat ____
Información general ____
Descargar software, aplicaciones o archivos ____
Transacciones con la UCAB ____

14.- En caso de que dispongas de un laptop que te permita el acceso a Internet desde cualquier lugar dentro de la Universidad, ¿ Qué orden de preferencia le otorgas a los siguientes lugares ? (1 más importante, 7 menos importante)

Salones de clase ____
Bibliotecas ____
Jardines ____
Cafetín ____
Salas de lectura ____
Laboratorios ____
Pasillos entre módulos ____

13.- Estarías dispuesto a pagar por un servicio de acceso a Internet mejor al que actualmente te ofrece la Universidad

Sí ___ No ___

14.- En caso de disponer de acceso a Internet en forma ilimitada y en cualquier lugar (jardines, parques, cafetería) dentro de la universidad, ¿ Cuánto tiempo estimas que navegarías por semana ?

Menor a 10 ___

10 - 20 ___

21 - 30 ___

31 - 40 ___

Mayor a 40 ___

15.- Si posees celular por favor indica con cual Compañía tienes el servicio:

Movilnet Crédito ___ Movilnet Prepago ___

Telcel Crédito ___ Telcel Prepago ___

Digitel Crédito ___ Digitel Prepago ___

16.- ¿ Porqué razón tienes un celular con esta compañía ?.

Precio del celular ___

Calidad del servicio ___

Servicio de Mensajes de texto ___

Servicio de Mensajes de voz ___

Cobertura ___

Promoción ___

Me lo regalaron ___

Mis amigos también lo tienen ___

Tecnología ___

17.- ¿Cuántos celulares hay en tu núcleo familiar?

19.- ¿Con cuánto dinero cuentas para tus gastos mensualmente?

0 - 50 mil ___

50 - 100 mil ___

100 - 200 mil ___

100 - 400 mil ___

Mayor a 400 mil ___

20.- ¿ Cómo distribuyes porcentualmente tus gastos mensuales entre los siguientes renglones?

Vivienda ___

Comida ___

Ropa ___

Transporte o gasolina ___

Libros, fotocopias y material educativo ___

Internet ___

Diversión, recreación y viajes ___

Celular ___

Otros ___

21.- Posees vehículo propio

Sí ___ No ___

22.- Dispones de un laptop para uso propio:

Sí ___ No ___

23.- Sabiendo que el servicio de Internet ABA de Cantv cuesta 56.000 bolívares por mes, dentro de cual de los siguientes rangos estarías dispuesto a pagar por mes para disponer de acceso a Internet de alta velocidad (256 Kbps - 11Mbps) en forma ilimitada y en cualquier lugar dentro de la Universidad

35 – 40 mil ___

30 – 35 mil ___

25 – 30 mil ___

20 – 25 mil ___

Ninguno de los anteriores ___

24.- ¿ Estarías dispuesto a pagar una mensualidad entre 50 y 100 mil bolívares para comprar un laptop por cuotas ?

Sí ___ No ___

Anexo N° 4

Fórmula para determinar el tamaño de la muestra.

Formula para determinar el tamaño de la muestra.

La formula considerada fue tomada del libro Estadística para Administración y Economía, escrito por Mark Berenson y David Levine, 1989.:

$$\text{Presición} = 2 * \sqrt{\frac{(p \times q)}{n}} * \left(\frac{N - n}{N}\right)$$

Precisión = 2%

n= Tamaño de la muestra

N= Tamaño del universo

P = Q = 50% (suponiendo curva de distribución normal)

Para el estudio el tamaño del universo considerado es el total de estudiantes de pregrado.

Anexo N° 5

Tabla de crecimiento de la población de pregrado en la Universidad.

Tabla de crecimiento de la población de pregrado en el Campus Universitario

| Facultad | Alumnos Nuevos | Alumnos Egresados | Alumnos Retirados | Crecimiento Anual |
|--------------------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Ciencias Económicas y Sociales | 621 | 266 | 147 | 208 |
| Derecho | 253 | 252 | 73 | (72) |
| Humanidades y Educación | 648 | 177 | 150 | 321 |
| Ingeniería | 615 | 13 | 114 | 488 |
| Totales | 2.137 | 708 | 483 | 946 |

Notas:

El porcentaje de retiro anual de los estudiantes es alrededor del 5 %

Los datos anteriores corresponden a la base de datos del período académico 2000-2001.

Anexo N° 6

WaveLAN Technical Bulletin 024/B de
Abril 1999.



... Guidelines for IEEE Cell Planning

WaveLAN Technical Bulletin 024 / B

April 1999

Introduction

This document describes a floor-plan analysis method that may help you to determine:

- The number of WavePOINT-II access point required to create a wireless coverage area within a specific building or facility.
- The optimal placement of such access points.

The method described, provides an easy way to plan a wireless WaveLAN network in situations where:

- You do not (yet) have the WaveLAN IEEE System components at your disposition.
- You wish to prepare a site verification "off-site".
- You are calculating the rough budget required to build a WaveLAN network.

Please Note: Although the procedure required will provide a fair estimate of the number and placement of access points, you are advised always to perform a "life" survey, using the WaveMANAGER IEEE diagnostic tools as described *prior* to mounting the WavePOINT-II devices into the locations determined using this floor-plan analysis method.

About the Floor-Plan Analysis

In the floor-plan analysis method, we will draw circles on a floor-plan of the target networking environment, to identify the size of the wireless coverage area(s) or cell(s). The diameter of these circles is related to the average range of the WaveLAN radio in the specific type of environment. Although the actual shape of the wireless cells will have a more irregular shape than the circles we will use in our floor-plan analysis method, this method will still provide an easy and fairly reliable means to quickly determine the radio characteristics of the target area.

The floor-plan analysis method is a 3 step procedure:

1. Obtain a copy to scale of the original floor-plan of the target area.
2. Determine the wireless point-to-point distance that applies building or network under survey.
3. Color up the floor plan to mark the wireless coverage area(s).

What you need:

- A detailed floor plan.
- A set of pencils or other drawing tools (preferably in different colors).
- A pair of compasses.

Determine the Point-to-Point Distance

The maximum range of WaveLAN wireless products (as measured from point-to-point), is determined by the following factors:

- The User-defined Access Point Density.
- The physical environment of the location where the WaveLAN equipment will be installed.

The procedure to determine the Point-to-Point distance for your WaveLAN network is summarized as follows:

4. Evaluate the key criteria for your network to determine the appropriate level of Access Point Density.
5. Identify the type and nature of construction materials used throughout the premises, to determine the type of radio environment where WaveLAN will be installed.
6. Use Table 1 on page 3 to determine the Point-to-Point distance value that corresponds with the two criteria listed above.
7. Convert the reliable Point-to-Point distance(s) to a value in centimeters(inch) that matches the scale of your floor plan.
8. Write the result down on your floor plan worksheet.

The results from step 5 will be used as the radius of the circles you will draw on the floor-plan to picture the wireless cells.

In most office buildings, you will see that multiple "radio environments" will apply. If this is the case in your situation, determine the point-to-point distance for each of the environment type that applies.

Access Point Density

In networking environments where you have either data intensive users, or a large number of users in a small area, you may wish to balance the throughput performance versus the cost of investments.

- **Low AP Density**, provides a maximum wireless coverage with a minimum number of access points. This option which is typically used for single-cell networks and Point-to-Point links, will also provide an efficient and cost effective solution for most networks that include multiple wireless cells.
- **Medium AP Density** can be selected for environments where WaveLAN stations experience slow network response times even though the quality of radio communications is rated as excellent. The slow response times might be experienced in areas where:
 - A high number of wireless stations is located close to one another, causing other stations to defer data transmissions.
 - A number of wireless stations engaged in heavy network traffic is causing other stations to defer data transmissions.
- **High AP Density** should be selected only when you are designing a wireless infrastructure where the total cost of hardware investments is less critical than the maximum data throughput per cell. Per definition, a High Density network will include the highest concentration of WavePOINT-II devices.

In Medium or High Density networks, you will typically add more WavePOINT-II access points to distribute the wireless workload. However placing WavePOINT-II devices closer to one another requires you to adjust the deferral behavior of the access points to allow maximum throughput performance¹.

The default option for most WaveLAN wireless networks is Low AP Density, which was designed to build wireless networks with overlapping radio cells where the Signal to Noise Ratio (SNR) may vary between Acceptable, Good or Excellent.

The settings "Medium" or "High" AP Density are often used in multiple channel networks, that provide a excellent quality of radio communications throughout the entire wireless coverage area.

Type of Radio Environment

Subject to the type and nature of building materials, WaveLAN radio signals may either pass obstacles in the radio signal path, or be absorbed or reflected by the RF barriers. According to the number and severity of RF barriers in the radio signal path, wireless networking environments can be classified as one (or combination) of the following type of radio environments:

- Open No physical obstruction in the signal path
- Semi-open Shoulder-height partitions of wood or synthetic material
- Closed Floor to ceiling walls of brick and plaster

Metal for example, is a high severity barrier. Environments with metal constructions or large metal objects, such as elevator shafts or machinery, require extra attention when performing a floor plan analysis.

The table below lists the Point-to-Point distances in various environments.

Table 1: Horizontal Point-to-Point distance in various environments

| Environment | Low Density | | Medium Density | | High Density | |
|-------------|-------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|
| | Reliable | Probable | Reliable | Probable | Reliable | Probable |
| Open | 200(600) | 290(950) | 100 | 140 | 50 | 70 |
| Semi-open | 40(120) | 75(250) | 20 | 40 | 10 | 20 |
| Closed | 20(60) | 30(90) | 10 | 15 | 5 | 8 |

Determine which environment represents your building. Then use the reliable values to make your floor plan.

¹ The deferral behavior is controlled via the AP Density parameter of the WavePOINT-II access point. For more information, please consult the WaveMANAGER IEEE Guide.

Color up the Floor Plan

Now you have determined the wireless point-to-point distance, you can use a pair of compasses to draw circles on the floor plan, representing the wireless coverage area of the WavePOINT-II access point.

Set the width of the legs of your compasses, to the converted scale of the point-to-point distance you determined on the preceding pages.

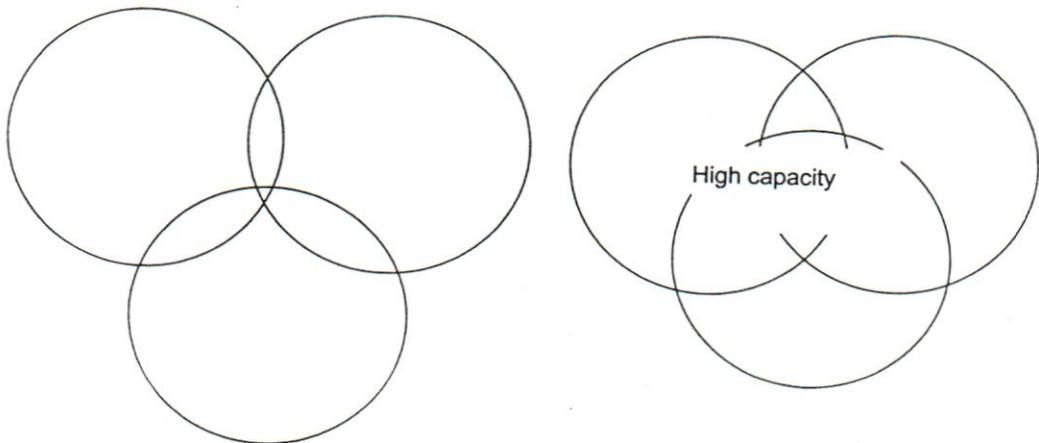
When drawing the circles, please note the following:

- If the location includes multiple types of construction materials, for example a combination of shoulder-height partitions and floor-to-ceiling brick walls, you may need to draw the circles in a "bulls-eye" type pattern, where each ring identifies the range associated with the type of RF obstacle(s).
- To allow mobile stations to roam between various locations, the station should be able to detect other access points prior to leaving the coverage area. To avoid out of range situations, design your network in such a way that the wireless coverage areas of individual WavePOINT-II access points overlap one another slightly.

How much overlap do you need?

For most office environments, you can use a "Normal Density" pattern as pictured in Figure 1. This type of density pattern provides satisfactory results in Normal Density networks, where mobile stations roam at pedestrian speed.

Figure 1: Creating a high density area



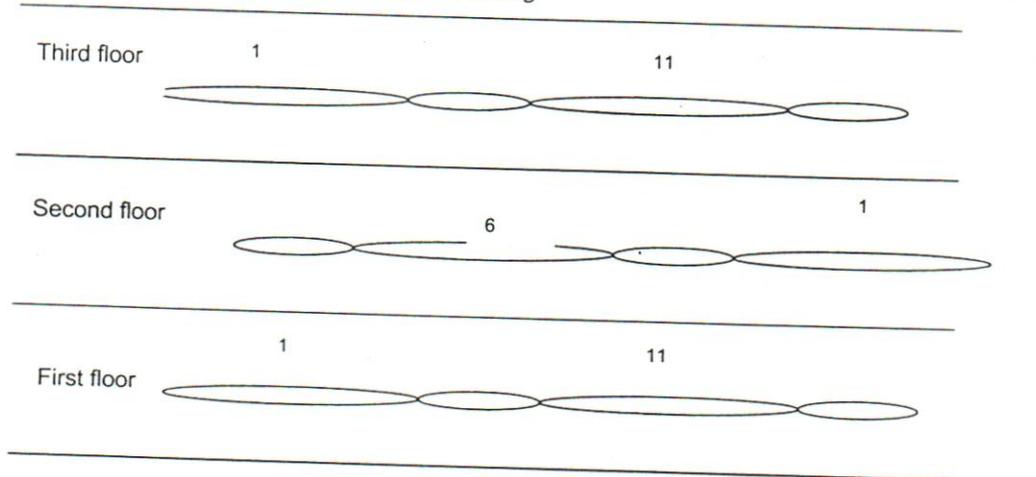
Increasing the overlap of wireless cells as pictured in **Error! Reference source not found.**, enables you to create a high capacity network, where numerous mobile wireless stations can engage in heavy traffic loads, or roam at velocities higher than pedestrian speed.

If each of the wireless cells is assigned a distinct operating frequency, this type of network enables you to triple the average throughput capacity in a specific environment.

Using Vertical Overlap

If you are designing a WaveLAN network in a multi-story building you are advised not to position WavePOINT-II access points on top of one another. You will leverage far more cost/throughput efficiency when you would alternate placement of WavePOINT-II access points across the various floors, in combination with smart radio channel allocation.

Figure 2: WaveLAN/IEEE in multifloor building



In this way WavePOINT-IIs with the same frequency cannot hear each other, so they don't take each others bandwidth.

In multi-story buildings, you can also identify the vertical point-to-point distance, to determine the range of access points across multiple floors.

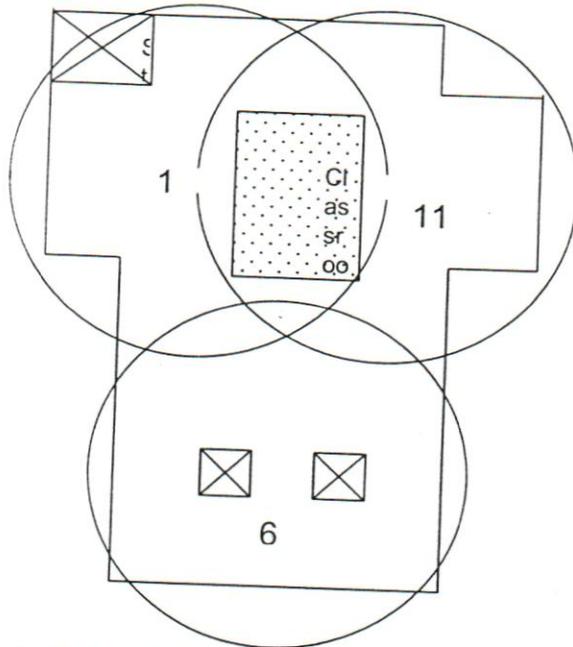
Table 2: Vertical Coverage (in multiple-story buildings)

| Environment | Low Density | | Medium Density | | High Density | |
|-------------|-------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|
| | Reliable | Probable | Reliable | Probable | Reliable | Probable |
| Thin | 8(25) | 12(37) | 4 | 6 | - | - |
| Thick | 4(13) | 6(20) | 2 | 3 | - | - |

1. Mark the rooms on the floor-plan that need no coverage so you know which area you'll have to cover. Place for example a cross through them.
2. Mark the rooms where you need a high capacity (classrooms etc), for example by dots. For this rooms you need 2 to 3 cells to overlap each other so that you have a higher capacity in these areas.
3. Start drawing circles at the high capacity places. You need at least two circles to overlap each other at such a place. Use a pair of compasses to draw the circles on your floor-plan that will represent the wireless cells. Set the middle of the compasses at the position where you want to place the WavePOINT. Set the width of the compasses feet according to the cell radius as determined in previous paragraph.
4. Then take floors above each other into account. Don't put the WavePOINT-IIs on top of each other.

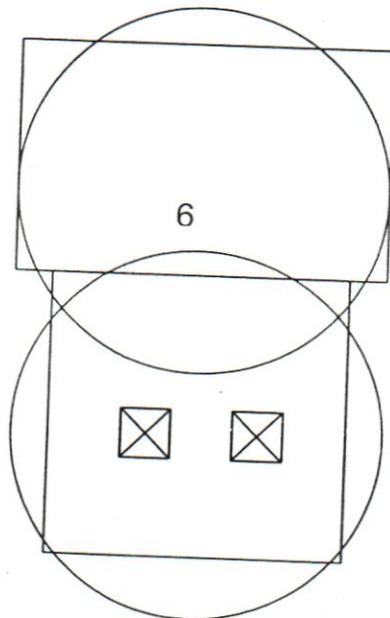
5. Fill the rest of the maps with circles. Because the cell radius is just an estimate of the coverage it doesn't matter if half a room just falls outside a circle.

Figure 3: First floor



On floor 1 are three Access Points using three different frequencies. The numbers represent the frequency channels. The dots in the middle represent a high density area.

Figure 4 Floor 2



When all circles are drawn, you know how many WavePOINT-1Is you'll have to order.

Anexo N° 7

Diagrama General del Campus.

Diagrama General del Campus

