

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE  
MONTERREY**

**CAMPUS MONTERREY**

**PROGRAMA DE GRADUADOS EN TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y  
ELECTRÓNICA**



**MODELO DE UN REPOSITORIO VIRTUAL DE DOCUMENTOS EN UN  
AMBIENTE MÓVIL AD-HOC**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO  
ACADEMICO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS EN TECNOLOGÍA INFORMÁTICA**

**POR:**

**Jorge Alberto González López**

**MONTERREY , N.L.**

**MAYO 2006**

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY

**DIVISIÓN DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y ELECTRÓNICA**

**PROGRAMA DE GRADUADOS EN TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y  
ELECTRÓNICA**

Los miembros del comité de tesis recomendamos que la presente tesis del Ing. Jorge Alberto González López sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado académico de Maestro en Ciencias en Tecnología Informática.

**Comité de tesis:**

---

David Alejandro Garza Salazar, PhD  
Asesor

---

Juan Carlos Lavariega Jarquín, PhD  
Sinodal

---

Luis Humberto González Guerra, MC  
Sinodal

---

David Alejandro Garza Salazar, PhD  
Director del Programa de Graduados en Tecnologías de Información y  
Electrónica  
**Mayo 2006**

**MODELO DE UN REPOSITORIO VIRTUAL DE DOCUMENTOS EN UN  
AMBIENTE MÓVIL AD-HOC**

**POR:**

Jorge Alberto González López.

TESIS

Presentada al Programa de Graduados en Tecnologías de Información y  
Electrónica

Este trabajo es requisito parcial para obtener el grado de Maestro  
en Ciencias en Tecnología Informática.

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS  
SUPERIORES DE MONTERREY

Mayo 2006

## **Dedicatoria.**

### ***A Dios***

Por darme la vida y permitirme  
estar aquí logrando una meta  
más de mi vida.

### ***A mis padres.***

Porque con su ejemplo  
amor y cariño, me han enseñado  
que las metas se logran a base de esfuerzo

### ***A Idolina.***

Por tu apoyo, paciencia, dedicación,  
amor y por haber hecho de éste,  
un logro para los dos.

### **Gracias.**

## **Agradecimientos.**

***Al Dr. David Garza,***

Por su guía, ayuda y paciencia a lo largo del desarrollo de este trabajo y por hacer de esta una meta más, cumplida.

***Al Lic. Francisco Ayala.***

Por el apoyo, el consejo y las facilidades de tiempo brindadas para la culminación de esta meta.

***Al Ing. Luis Humberto González***

Por haber aportado a mi trabajo de tesis sus conocimientos en el área de ambientes móviles y así ayudarme en puntos decisivos en el desarrollo de este modelo.

## **Resumen.**

Hoy en día el uso de las tecnologías inalámbricas representa una gran oportunidad dentro del área de la compartición de información, además la movilidad es uno de los requerimientos que dan un valor agregado al uso de las distintas tecnologías usadas para lograr los objetivos buscados que son: tener la conexión en cualquier momento, en cualquier lugar y sin la necesidad de tener una infraestructura física de la cual depender para tener o no la facilidad de conexión.

Dada esta situación y apoyado en los conceptos de Cómputo Móvil, Tecnologías Inalámbricas, Bibliotecas Digitales y Ambientes Ad-Hoc es que se tienen las herramientas necesarias para la creación de un modelo de un repositorio virtual de documentos en un ambiente ad-hoc con algunas funciones de una biblioteca digital, tales como compartición de documentos y servicios de recuperación dados por consultas generales y búsquedas específicas de documentos.

El trabajo que se desarrolla en este documento está basado en un prototipo que demuestra que es posible crear un modelo de un repositorio virtual de documentos en un ambiente móvil ad-hoc, teniendo la tecnología Bluetooth como medio de comunicación, así como los conceptos de redes sin infraestructura que permiten la movilidad de los dispositivos en distancias de hasta 10 metros dadas por las características de la propia tecnología.

Un aspecto importante en este trabajo es que se logra la interacción de dispositivos sobre un espacio común que permite la realización de las funciones arriba mencionadas.

## Tabla de Contenidos

Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Resumen.....	vi
Tabla de Contenidos.....	vii
Índice de figuras.....	ix
Índice de Tablas.....	xi
<b>Capítulo 1. Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>Capítulo 2. Antecedentes.....</b>	<b>4</b>
2.1 <i>Cómputo Móvil.....</i>	4
2.1.1 <i>Arquitectura del Cómputo Móvil e Inalámbrico.....</i>	5
2.1.2 <i>Limitaciones del ambiente móvil e inalámbrico.....</i>	5
2.2 <i>Redes Ad-hoc.....</i>	7
2.3 <i>Bibliotecas Digitales.....</i>	11
2.4 <i>Tecnología Bluetooth.....</i>	12
2.4.1 <i>Topología Bluetooth.....</i>	14
2.4.2 <i>Arquitectura de Protocolos Bluetooth.....</i>	14
2.4.3 <i>Aplicaciones de Bluetooth.....</i>	16
2.5 <i>Tecnología IRDA.....</i>	17
2.6 <i>Ubicación del Modelo Propuesto.....</i>	19
2.7 <i>Trabajos Relacionados.....</i>	20
2.7.1 <i>PDLib (Personal Digital Library):.....</i>	20
2.7.2 <i>Universal Personal Library System (UPLib).....</i>	22
2.7.3 <i>Peer to Peer Information Sharing in a Mobile Ad Hoc Environment.....</i>	24
2.7.4 <i>Servicios de Bibliotecas Digitales a través de una arquitectura punto a punto en dispositivos móviles.....</i>	27
<b>Capítulo 3. Modelo de un repositorio de documentos en un ambiente ad-hoc.....</b>	<b>29</b>
3.1 <i>Características generales de un repositorio de documentos digitales en un ambiente ad-hoc.....</i>	29
3.2 <i>Escenarios típicos de operación del modelo.....</i>	30
3.3 <i>Funcionalidad y componentes del modelo de repositorio virtual en un ambiente ad-hoc.....</i>	32
3.4 <i>Componentes del modelo propuesto.....</i>	34
3.4.1 <i>Asistentes Digitales Personales.....</i>	35
3.4.2 <i>Interfaz de usuario.....</i>	37
3.4.3 <i>Tecnología de Comunicación.....</i>	37
3.4.4 <i>Administración del Repositorio Virtual.....</i>	41
3.4.4 <i>Servicios de Consulta del Repositorio.....</i>	42

<b>Capítulo 4. - Implementación de la funcionalidad del repositorio virtual para ambientes ad-hoc.....</b>	<b>44</b>
4.1 <i>Investigación previa utilizando la Tecnología IrDA.....</i>	44
4.2 <i>Implementación del modelo usando la Tecnología Bluetooth. ....</i>	46
4.2.1 <i>Exploración de dispositivos con tecnología Bluetooth. ....</i>	47
4.2.2 <i>Aportación de documentos al repositorio virtual. ....</i>	49
4.2.3 <i>Consulta de Documentos.....</i>	53
4.2.4 <i>Búsquedas específicas de documentos.....</i>	57
4.3 <i>Funcionamiento del modelo para más de 2 dispositivos. ....</i>	60
4.4 <i>Limitaciones del Modelo.....</i>	63
<b>Capítulo 5.- Conclusiones y trabajos futuros.....</b>	<b>64</b>
5.1 <i>Conclusiones.....</i>	64
5.2 <i>Trabajos Futuros. ....</i>	65
<b>Anexo 1. Documentación de la aplicación.....</b>	<b>67</b>
<b>Referencias Bibliográficas.....</b>	<b>68</b>
<b>Vitae .....</b>	<b>70</b>



## Índice de figuras.

Figura 2.1 Posibles topologías de dispositivos Bluetooth en red, donde cada dispositivo es maestro o esclavo.....	14
Figura 2.2 Pila completa de protocolos de Bluetooth.....	15
Figura 2.3 Pila de protocolos de IrDA.....	17
Figura 2.4 Factores que soportan el modelo presentado.....	19
Figura 2.5 Arquitectura PDLib.....	22
Figura 3.1 Esquema conceptual de un repositorio virtual.....	31
Figura 3.2 Esquema conceptual del modelo.....	33
Figura 3.3 Arquitectura del modelo propuesto.....	34
Figura 3.4 Pila de Protocolos de Bluetooth e IrDA.....	40
Figura 4.1 Esquema Conceptual de Exploración de dispositivos.....	44
Figura 4.2 Exploración de dispositivos.....	45
Figura 4.3 Esquema conceptual de aportación de documentos.....	47
Figura 4.4 Aportación de documentos.....	48
Figura 4.4 Aportación de documentos (continuación).....	49
Figura 4.5 Esquema de Consultas de documentos.....	50
Figura 4.6. Consulta de documentos.....	51
Figura 4.6. Consulta de documentos (2).....	52
Figura 4.6. Consulta de documentos (3) .....	53
Figura 4.7 Esquema de búsqueda específica de documentos.....	54

Figura 4.8 Búsquedas específicas de documentos.....	55
Figura 4.8 Búsquedas específicas de documentos (2).....	55
Figura 4.9 Envío de documentos en más de 3 dispositivos.....	60
Figura 4.10 Petición de documento a un tercer usuario.....	61
Figura 4.11 Actualización del repositorio por nuevos documentos.....	62

## Índice de Tablas

Tabla 2.1 Stack de Protocolos de Bluetooth.....	16
Tabla 3.1: Comparación e Windows CE y Palm OS.....	35
Tabla 3.2 Características de funcionamiento de los dispositivos con Bluetooth.....	37
Tabla 3.3 Principales características de la tecnología IrDA.....	39

## Capítulo 1. Introducción

En la actualidad nos vemos envueltos en una amplia gama de posibilidades de acceso a tecnologías que van desde el uso de las computadoras, Internet, dispositivos móviles y un sin fin de tecnologías que se han desarrollado para hacer más fácil la vida del hombre. Dentro de los avances más significativos en el área de la computación se puede mencionar que a principios de los 90's el concepto de cómputo móvil tomó fuerza en el área de las redes computacionales. Desde su inicio se pudo identificar que tendría una relevancia significativa en la eliminación de cables en la comunicación y con esto lograr una mayor movilidad en las tecnologías de uso diario. Más adelante en este trabajo de tesis se menciona a detalle el concepto arriba mencionado.

Aunado al concepto de cómputo móvil y sus objetivos de eliminación de cables, surgen las redes ad-hoc o redes sin infraestructura, que están formadas por dispositivos móviles que cooperan los unos con los otros de manera distribuida para llevar a cabo la transmisión de los paquetes por los enlaces inalámbricos que forman la red, el ruteo de dichos paquetes, la gestión y el mantenimiento de la red misma, así mismo una de las principales funcionalidades es lograr la comunicación sin la necesidad de una infraestructura definida, dada por el uso de los ruteadores, concentradores, switches, entre otros. Ésta idea de eliminar los cables entre los dispositivos que forman parte de una red sin infraestructura fue apoyada por el gobierno de los Estados Unidos de Norteamérica cuando en sus actividades militares tuvieron la necesidad de mantenerse en comunicación sin importar la ubicación física de sus unidades y esto fue uno de los principales factores en el desarrollo de este ambiente de comunicaciones.

Así mismo, las características que hacen relevante el uso de este tipo de redes es que tienen un costo bajo en la implantación y en el mantenimiento, ya que una vez más se ve la ausencia de una infraestructura fija. Sin embargo, para hacer más completa ésta funcionalidad es que se requiere de tecnologías que permitan la comunicación de una manera eficiente y rápida.

Es así como nace Bluetooth en 1994, como una solución integrada consistente en hardware, software y requerimientos de interoperabilidad, esta solución responde a las necesidades de conectividad inalámbrica de corto alcance para redes sin infraestructura, las cuales están formadas por dispositivos móviles que cooperan unos con otros de manera distribuida para llevar a cabo la transmisión de los paquetes por los enlaces inalámbricos que forman la red, el ruteo de dichos paquetes, la gestión y el mantenimiento de la red misma [4].

Otro avance importante en el área de tecnología de información son las Bibliotecas Digitales, las cuales se conceptualizan como una colección organizada de documentos almacenados en forma digital que a su vez ofrece los servicios de búsqueda y recuperación de información. Los documentos que se encuentran en una biblioteca digital pueden ser textos, imágenes, sonidos, videos o combinaciones de cualquiera de estas. Algunos ejemplos de bibliotecas digitales son los proyectos que se desarrollan en diversos ambientes, ya sea educativos o de investigación, por ejemplo, PDLib [6], UPLib [17], Phronesis [20], DSPACE [19], Greenstone [21].

Estos proyectos han sido desarrollados como proyectos de investigación en diversas universidades tanto de México como del extranjero con la finalidad de tener un espacio donde colocar sus documentos de manera digital y de esta manera, poder compartirlos al mundo entero.

Junto a los conceptos de cómputo móvil y de las bibliotecas digitales se contempló la idea del uso de las conexiones inalámbricas para unir estos dos conceptos y con ello tener una ventaja en la movilidad para no tener la exigencia de una conexión física a Internet para acceder a las bibliotecas digitales.

La tecnología inalámbrica es una de las herramientas más utilizadas en los medios de conectividad para los dispositivos móviles, tales como los PDA's y los TabletPC. De acuerdo con Nathan J. Muller [4], se ve una gran influencia en aplicaciones tales como: realizar trabajo en grupo, sincronización de datos con una Desktop, establecer contacto remoto para impresiones, obtención de libros electrónicos en las PDA, transacciones electrónicas, etc.

De tal manera, un aspecto que cada día demanda mayor atención es la facilidad de comunicarse entre varios dispositivos y compartir documentos sin la necesidad de estar restringido por una infraestructura de comunicaciones.

Por tal motivo, el objetivo de este trabajo de tesis es diseñar un modelo para la creación de un repositorio virtual de documentos en un ambiente ad-hoc, es decir, que entre un conjunto dispositivos móviles se pueda dar una interacción y de esta manera poder realizar algunas de las funciones básicas de una biblioteca digital: aportación de documentos, consulta general de los mismos, hacer búsquedas específicas en base a los títulos de los documentos, visualizar y obtener dichos documentos.

Al término de este trabajo se obtuvo el desarrollo de un repositorio virtual de documentos en un ambiente ad-hoc, aprovechando las facilidades que proporciona el uso de la tecnología Bluetooth, así como la implementación de las funciones básicas de una biblioteca digital en un ambiente ad-hoc. El prototipo que se presentó se demostró usando tres dispositivos móviles en los cuales se formó una arquitectura llamada PicoNet en la cual uno de ellos se designa como maestro y los demás como esclavos y de esta manera se logra la incorporación de las funciones presentadas en este modelo.

La tesis se encuentra organizada de la siguiente manera: Dentro del capítulo 2 se definen los conceptos de Cómputo Móvil, la tecnología Bluetooth y las Bibliotecas Digitales, posteriormente en el capítulo 3 se hace la propuesta del modelo para un repositorio virtual de documentos en un ambiente ad-hoc. En el capítulo 4 se definen los componentes del modelo, se explica su funcionamiento y se hace la demostración de cada una de las funcionalidades con base en una aplicación real. Finalmente en el capítulo 5 se mencionan las conclusiones y trabajos futuros que presentan áreas de oportunidad dentro de las bibliotecas digitales y las tecnologías móviles

## **Capítulo 2. Antecedentes**

Para poder sustentar esta investigación, es necesario tener una base teórica de los conceptos y temas relacionados que giran alrededor de este tema como lo son: *Cómputo Móvil*, *Bibliotecas Digitales*, *Redes ad-hoc* y *Tecnologías de comunicación* tales como *Bluetooth* e *IrDA* los cuales se describen a continuación.

### ***2.1 Cómputo Móvil.***

El *cómputo móvil* es un término usado para describir las tecnologías que permiten a las personas acceso a servicios de red sin importar lugar y tiempo y tiene sus orígenes en el desarrollo de los sistemas distribuidos. La aparición de las computadoras portátiles con completa funcionalidad y redes de área local inalámbricas a principios de los 90's permitieron a los investigadores hacer frente a los problemas que surgen en la construcción de un sistema distribuido con clientes móviles.

De acuerdo con [7], palabras tales como *móvil*, *ubicuo*, *nómada*, *penetrante* y *donde sea cuando sea*, son usadas por diferentes personas para referirse a la clase de *cómputo* que utiliza dispositivos portables pequeños y redes de comunicación inalámbricas. La diferencia entre *cómputo nómada* y *móvil* es un punto particularmente importante, ambos tipos de *cómputo* requieren dispositivos portables pequeños, sin embargo, el tipo de redes usadas en el *cómputo ubicuo* no permiten movilidad. Ejemplos de tal tipo de *cómputo* son las líneas *DIAL-UP*, las cuales, obviamente, no permiten cualquier movilidad y las redes de área local inalámbricas (*WLAN*), las cuales permiten una movilidad limitada dentro de las facilidades de un edificio. Dentro del *cómputo móvil*, se requiere de la disponibilidad de redes inalámbricas que soporten movilidad "exterior" y sin "conexión".

### *2.1.1 Arquitectura del Cómputo Móvil e Inalámbrico.*

Una definición de una arquitectura de un ambiente en el cómputo móvil acuerdo con [7] consiste en componentes móviles y estacionarios. Las unidades estacionarias son conectadas vía una red estacionaria de alta velocidad. Algunos de las unidades estacionarias son computadoras especiales equipadas con interfaces inalámbricas y son conocidas como estaciones base (Base Station, por sus siglas en inglés). Son también conocidas como estaciones de soporte móviles.

Las estaciones base, las cuales son colocadas en el centro de un área de cobertura celular, actúan como puntos de acceso entre las computadoras móviles y las redes estacionarias. Las computadoras móviles pueden ser o estar en uno de los tres estados. El primer estado coloca a una computadora móvil dentro de una celda y es capaz de comunicarse. El segundo estado coloca a la computadora móvil fuera del rango de cualquier celda de servicio y no es capaz de comunicarse. El tercer estado coloca a la computadora móvil en una celda, comunicándose, pero lista para cruzar el límite.

Aunque todas las arquitecturas inalámbricas son únicas en algunos aspectos, todas comparten aspectos similares, entre las cuales podemos mencionar el uso de las estaciones base para la comunicación con las computadoras móviles, los sistemas de intercambio centralizados los cuales intercambian comunicaciones entre los dominios inalámbricos y la infraestructura de cable y el uso de registros de localización, tales como HLR (Home Location Register, por sus siglas en inglés) que es la principal base de datos de información permanente para un miembro de una red móvil y VLR (Visiting Location Register, por sus siglas en inglés) es otra base de datos y es utilizado por el sistema para manejar peticiones del servicio de los usuarios móviles que están ausentes de su sistema local y así de esta manera el sistema “conoce” donde están localizadas las computadoras móviles y de donde vienen.

### *2.1.2 Limitaciones del ambiente móvil e inalámbrico.*

De acuerdo a Satyanarayanan [1], existen cuatro limitantes claves de la movilidad que implican el desarrollo de técnicas especializadas para este ambiente:

- Variación impredecible en la calidad de la red,
- Disminución en la confianza y robustez de elementos móviles.
- Limitaciones en recursos locales impuestos por limitantes de peso y tamaño.
- Aspectos relacionados con el consumo de energía.



El desarrollo y la investigación existente sobre cómputo móvil esta dado por particularidades y limitaciones del ambiente móvil. Tales limitaciones incluyen:

- Desconexiones frecuentes causadas por alguno de los siguientes eventos:
  - Fuera de las redes celulares; el problema es más fuerte en las redes micro-celulares.
  - Mucho tiempo fuera de línea del cómputo móvil dado por el limitado tiempo de vida de la batería.
  - Desconexiones voluntarias por el usuario móvil.
  - Desconexiones dadas por eventos hostiles tales como robo y destrucción.
  - Fuera de roaming del área geográfica de cobertura del servicio inalámbrico.
- Limitado ancho de banda de comunicación impactando en lo siguiente:
  - Calidad del servicio (QoS) y la garantía del desempeño.
  - Throughput y tiempo de respuesta y sus variaciones.
  - Uso eficiente de la batería debido a los retardos de comunicación.
- Infraestructuras de red inalámbricas heterogéneas y fragmentadas conducen a los siguientes problemas:
  - Fluctuaciones largas y rápidas en la calidad del servicio de la red.
  - Pobre desempeño de aplicaciones transparentes de movilidad sin algunas clases de middleware de movilidad o proxys.
  - Pobre desempeño punto a punto de diferentes protocolos de transporte a través de la red de diferentes parámetros y características de transmisión.
- Otros problemas incluyen:
  - Seguridad y anonimato.
  - Relocalización del servicio.
  - Soporte para aplicaciones de localización – sensitivas.

Existen otras limitaciones relacionadas con la plataforma y el desarrollo de metodologías de aplicaciones y lenguajes. Sistemas operativos para dispositivos portables están todavía alcanzando la madurez, como por ejemplo Palm OS, Windows CE, EPOCH, GeOS y Symbian son los sistemas operativos más significativos desarrollados para cómputo móvil. Una versión de Linux para dispositivos móviles también ha sido desarrollada.

La portabilidad de las aplicaciones a través de estos sistemas operativos es actualmente el mayor problema. Dentro de las estructuras de redes que soportan las diferentes aplicaciones del cómputo móvil, se pueden mencionar las redes ad-hoc, de las cuales se hará mención enseguida.

## **2.2 Redes Ad-hoc.**

Como lo menciona Juan Francisco Redondo Antón [5], el rápido desarrollo que las redes inalámbricas han experimentado en los últimos años ofrece a los usuarios diferentes soluciones que facilitan las comunicaciones en cualquier momento y desde cualquier lugar. Algunas de las opciones más destacadas en este campo son las redes inalámbricas de área local (WLANs, Wireless Local Area Network, por sus siglas en inglés), que aportan alta velocidad en la transmisión de datos y las redes inalámbricas de área extendida (WWANs, Wireless Wide Area Networks, por sus siglas en inglés), que permiten una mayor movilidad para los usuarios.

En algunas situaciones, como en entornos de aplicación militar o en operaciones de emergencia, la necesidad de establecer comunicaciones dinámicas sin contar con algún tipo de infraestructura se convierte en una prioridad. Entonces, la facilidad de rápido despliegue que proporcionan las redes “ad-hoc”, herederas naturales de las redes inalámbricas de conmutación de paquetes resulta de gran utilidad. De hecho, hoy en día, como en los años 70’s, cuando comenzó el interés por las redes inalámbricas de conmutación de paquetes, son los proyectos militares los que lideran la actividad de investigación en este campo, dado que las aplicaciones que pueden obtener mayor provecho de la flexibilidad y dinamismo de las redes ad hoc son militares por excelencia.

Las redes ad hoc están formadas por dispositivos móviles que cooperan los unos con los otros de manera distribuida para llevar a cabo la transmisión de los paquetes por los enlaces inalámbricos que forman la red, el ruteo de dichos paquetes, la gestión y el mantenimiento de la red misma. Sus peculiares características y limitaciones condicionan de sobremanera el diseño en varios de los niveles OSI de red, de forma que parámetros como el ancho de banda o el consumo de energía, que tienden a ser críticos en un diseño multinivel como el que parece apropiado para las redes ad hoc, deben ser tomados en cuenta de manera especialmente cuidadosa.

Algunas ventajas de las redes ad-hoc son:

- *Topologías dinámicas.*  
Los nodos se pueden mover libremente en direcciones arbitrarias y con una velocidad aleatoria. Por lo tanto, la red se debe adaptar a cambios inesperados en la topología, que típicamente es multisalto.
- *Rápida instalación.*  
El nivel de flexibilidad de configuración de una red ad-hoc es alto, dado que no requiere ninguna instalación previa o infraestructura.
- *Tolerancia a fallas.*  
Debido a las limitaciones en la interferencia de radio y las topologías dinámicas, las redes ad-hoc soportan fracaso en conexiones, debido a que los protocolos de ruteo y transmisión están diseñados para manejar esas situaciones.
- *Conectividad*  
El uso de puntos centralizados o puertas de enlace no son necesarios para la comunicación en las redes ad hoc, debido a la colaboración entre nodos en el procesamiento de tareas.
- *Movilidad*  
Los nodos inalámbricos se pueden mover al mismo tiempo en diferentes direcciones.
- *Costo*  
Pueden ser más económicas en ocasiones al no ser necesario invertir en infraestructura previa, por lo que los costos se reducen.

Pero también se deben mencionar algunas limitantes y problemas que tienen las redes ad-hoc, tales como:

- *Ancho de banda restringido.*  
Como se comentó anteriormente, la capacidad de las redes inalámbricas es mucho menor que su contraparte en las redes alámbricas. Ciertamente, varios Gbps están disponibles para las redes alámbricas, mientras que en la actualidad las aplicaciones comerciales para las LAN inalámbricas típicamente están alrededor de los 2 Mbps.
- *Restricciones en energía.*  
La energía de las baterías esta limitada en todos los dispositivos, lo cual no permite un tiempo de operación infinita para todos los nodos de una red ad-hoc.

- *Alta Latencia.*  
Cuando el diseño de la conservación de la energía es aplicado, significa que los nodos pueden estar inactivos o dormidos cuando no se están transmitiendo datos. Cuando el intercambio de datos entre dos nodos se realiza a través de dos nodos que están inactivos, el retardo puede ser muy alto si el algoritmo de ruteo decide que estos nodos son los que deben trabajar.
- *Transmisión de errores.*  
La atenuación y la interferencia son otros efectos de los enlaces inalámbricos que incrementan el rango de error.
- *Roaming.*  
Los cambios continuos en los grafos de conectividad de la red incluyen que los algoritmos de roaming de redes estables no aplican para las redes ad-hoc porque están basados en la existencia de caminos garantizados para algunos destinos.

### ***Aplicaciones Comerciales para las Redes Ad hoc***

De acuerdo con [14] algunas aplicaciones potenciales para las redes ad hoc pueden proveer las bases para la comercialización exitosa de estos productos. A continuación se describen algunas de las aplicaciones comerciales más relevantes.

- Conferencias.

Tal vez la aplicación prototipo requerida para el establecimiento de una red ad hoc son las conferencias móviles. Cuando un usuario sale de su ambiente normal de oficina, la infraestructura de red de negocios se pierde. La necesidad de computación colaborativa puede ser incluso más importante aquí en el ambiente diario de oficina.

- Redes caseras.

Otro ejemplo, considérese un escenario en el que las computadoras inalámbricas sean llevadas de la casa a la oficina y viceversa o a viajes de negocios. Es posible que estas computadoras no tengan una topología relacionada con una dirección IP. Si se mantiene el beneficio de no cambiar la dirección IP al usuario, sería agradable permitir a varias computadoras móviles operar en una red ad hoc en el hogar.

Si se agrega el hecho de asignar múltiples direcciones IP a cada nodo inalámbrico con el propósito de identificación esto sería un carga de trabajo, y la alternativa de desarrollar una red ad hoc parece más atractiva.

- Servicios de Emergencia.

Las redes ad hoc pueden ayudar a superar la debilidad de la red durante emergencias producidas por desastres. Las unidades móviles probablemente cargarán equipo de red para soportar operaciones de rutina para momentos cuando el Internet está disponible y la infraestructura no ha sido afectada. Las unidades móviles de emergencias pueden extender la utilidad de su equipo de red durante momentos de pérdida de infraestructura de soporte. Por ejemplo, las patrullas de policía y las estaciones de bomberos pueden permanecer en contacto un mayor tiempo y proveer de información más rápido si ellos pudieran cooperar para formar una red ad hoc en lugares donde no hay conectividad de Internet.

- Redes de Área Personal.

La idea de crear redes de área personal (PAN, Personal Area Networks) es con el propósito de crear una red localizable formada por algunos nodos que están asociados de manera muy cercana con una persona. Estos nodos pueden encontrarse en el cinturón de la persona o en una pulsera. Estos dispositivos pueden o no necesitar estar conectados a Internet. Pero es casi seguro que necesitarán comunicarse con otros mientras se asocian con las actividades del usuario.

- Vehículos.

Se considera la posibilidad de utilizar redes ad hoc entre computadoras de automóvil y computadoras personales o PDA's que pueden acompañarnos durante un viaje en el automóvil. Las comunicaciones inalámbricas entre vehículos puede ser un sucesor lógico de los radios de banda civil.

- Otras aplicaciones.

Las redes ad hoc pueden ser útiles de muchas maneras, por ejemplo, en los campus universitarios puede convertirse en una red ad hoc de gran tamaño cuando los estudiantes y maestros aprendan a descargar en sus dispositivos móviles y computadoras personales sus necesidades de comunicación y computación. El servicio de mensajería y navegación puede ser manejado tanto por la infraestructura inalámbrica disponible o por una red ad hoc, de acuerdo con lo que sea más conveniente al momento.

### **2.3 Bibliotecas Digitales.**

Una biblioteca digital [6] puede conceptualizarse como una colección organizada de documentos en diversos formatos digitales para los cuales existen servicios como envío, clasificación, búsqueda, recuperación y administración. Adicionalmente, una biblioteca digital facilita el desarrollo de actividades de estudio e investigación colaborativa entre usuarios distribuidos geográficamente. Idealmente, una biblioteca digital debe proporcionar mecanismos de almacenamiento, búsqueda y recuperación completos. Existen varios retos tecnológicos asociados a la realización de bibliotecas digitales. Entre los retos más sobresalientes se pueden mencionar:

- **Creación digital de documentos:** Los documentos que son parte de una biblioteca digital se almacenan en formato digital. Actualmente existen materiales que están en formato digital, sin embargo, hay otros que no lo están y deben transformarse (digitalizándose) a su formato digital apropiado.
- **Clasificación e indexamiento:** Los documentos que son parte de una colección se deben clasificar, almacenar e indexar para mejorar la eficiencia del proceso de recuperación.
- **Búsqueda y Recuperación:** La información almacenada en la biblioteca digital debe ser accesible a los usuarios de una manera eficiente, lo que implica que la biblioteca debe incluir una implementación eficiente de las técnicas de búsqueda avanzada y de recuperación.
- **Distribución:** Los documentos que se almacenan en la biblioteca digital deben ser accesibles a usuarios remotos de manera rápida y confiable.
- **Administración y control de acceso:** Para evitar el acceso no autorizado a los documentos, una biblioteca digital debe incorporar mecanismos para restringir el acceso a usuarios no autorizados. La biblioteca digital también debe incorporar los medios para la fácil administración de colecciones digitales.
- **Personalización:** Las bibliotecas digitales deben jugar un papel activo en la satisfacción de necesidades de información específicas a las necesidades y preferencias de usuarios individuales y comunidades de usuarios.

En los últimos años se ha visto la proliferación de ambientes de comunicación inalámbrica y el surgimiento de dispositivos de cómputo portátil como los Asistentes Personales Digitales (PDA) y los dispositivos denominados TabletPC. Esto ha ocasionado un interés por parte de la comunidad científica y tecnológica en el área de cómputo móvil.

El cómputo móvil ofrece retos importantes debido a las restricciones que impone el ambiente, la variabilidad en el ancho de banda de la conexión, los recursos de cómputo y almacenamiento, las capacidades de los dispositivos de entrada / salida son algunos de los ejemplos de estos retos [1, 2, 7], así como también, dentro de los retos actuales a los que se enfrenta el cómputo móvil es la posibilidad de tener bibliotecas digitales en ambientes móviles.

Ahora bien, una vez revisadas las características de las bibliotecas digitales, es momento de considerar el aspecto tecnologías de comunicación y dentro de las cuales, para este trabajo de tesis, se consideran Bluetooth e IrDA, las cuales se describen a continuación.

## **2.4 Tecnología Bluetooth.**

La tecnología Bluetooth se ha convertido en una especificación global de carácter tecnológico para el establecimiento de comunicaciones inalámbricas siempre activas entre dispositivos portátiles, equipos de escritorio y periféricos. Esta tecnología se puede emplear para diversos propósitos eliminando la necesidad de disponer de múltiples tipos de conexión por cable entre computadoras, dispositivos móviles y dispositivos periféricos.

La definición de [4] acerca de Bluetooth es: *“La especificación Bluetooth comprende una solución integrada consistente en hardware, software y requerimientos de interoperabilidad. El conjunto de especificaciones Bluetooth desarrollado por Ericsson y otras compañías responde a las necesidades de conectividad inalámbrica de corto alcance para redes ad-hoc.”*

En 1994, Ericsson Mobile Communications, la compañía global de telecomunicaciones con base en Suecia, comenzó un estudio para investigar la viabilidad de una interfaz de radio de baja potencia y bajo costo entre los teléfonos móviles y sus accesorios. El objetivo del estudio era hallar una forma de eliminar los cables entre los teléfonos móviles y tarjetas PC- Card, auriculares y otros dispositivos.

El trabajo de Ericsson en esta área atrajo la atención de IBM, Intel, Nokia y Toshiba. El conjunto de especificaciones desarrollado por Ericsson y otras compañías responde a las necesidades de conectividad inalámbrica de corto alcance para redes ad-hoc. El protocolo de banda base de Bluetooth es una combinación de conmutación de circuitos y paquetes, lo que la hace apropiada tanto para voz como para datos.

El nombre de Bluetooth se dio cuando los ingenieros de Ericsson denominaron Bluetooth a la nueva tecnología inalámbrica para honrar al rey vikingo danés "Harald Bluetooth" del siglo X.

Se menciona también en [4] que en la especificación Bluetooth se han definido dos tipos de enlaces para soportar aplicaciones de voz y datos: un enlace asíncrono sin conexión (ACL, Asynchronous Connectionless) y un enlace síncrono orientado a conexión (SCO, Synchronous Connection-Oriented). Los enlaces ACL soportan tráfico de datos sin garantía de entrega; la información transmitida pueden ser datos del usuario o datos de control. Los enlaces SCO soportan voz en tiempo real y tráfico multimedia, utilizando un ancho de banda reservado. Tanto la voz como los datos se transmiten en forma de paquetes y la especificación Bluetooth permite implementar enlaces ACL y SCO al mismo tiempo.

Los enlaces asíncronos sin conexión soportan conexiones simétricas o asimétricas de conmutación de paquetes y punto-multipunto, que son las que se suelen utilizar para datos. Para conexiones simétricas, la transferencia de datos máxima es de 433.9 Kbps en ambas direcciones, de envío y recepción. Para conexiones asimétricas, la transferencia de datos máxima es de 723.2 Kbps en una dirección y 57.6 Kbps en la dirección opuesta.

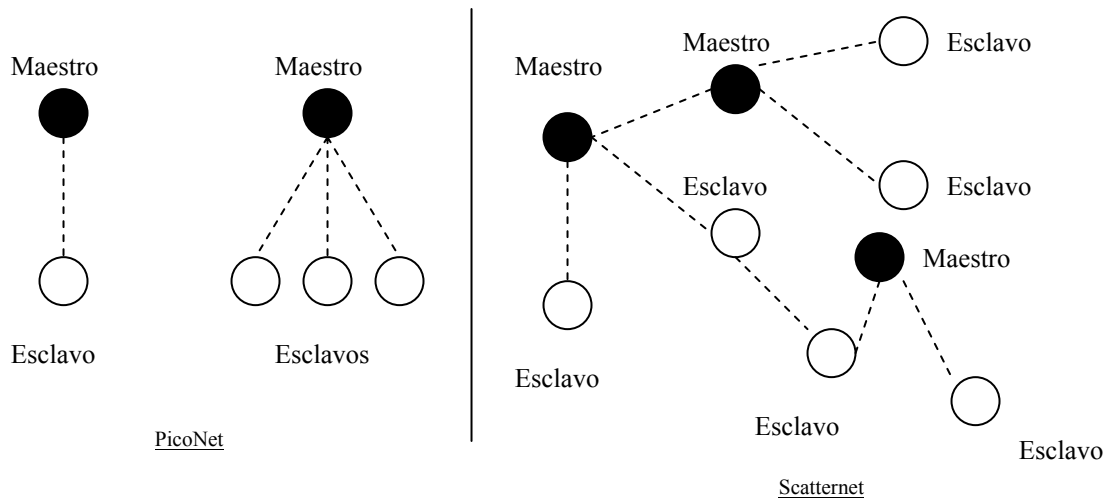
La tecnología inalámbrica Bluetooth utiliza la banda de radio ISM (Industrial, Scientific, Medical; aplicaciones industriales, científicas y medicas) mundialmente disponible de 2.4 Ghz, para lo cual, con la finalidad de soportar aplicaciones de voz y datos, se han definido dos tipos de enlaces para soportar aplicaciones de voz y datos: un enlace asíncrono sin conexión y un enlace síncrono orientado a conexión.

A continuación se hablará con más detalle de algunos aspectos relevantes en Bluetooth, tales como las topologías, algunas de las aplicaciones que se relacionan esta tecnología y la arquitectura de protocolos que utiliza Bluetooth.



### 2.4.1 Topología Bluetooth.

La topología Bluetooth se puede describir como una estructura de PicoNet múltiples. Dado que la especificación Bluetooth soporta tanto conexiones punto a punto como punto a multipunto, se pueden establecer y enlazar varias picorredes en una topología llamada red dispersa (scatternet), tal como se muestra en la figura 2.1.



**Figura 2.1** Posibles topologías de dispositivos Bluetooth en red, donde cada dispositivo es maestro o esclavo

### 2.4.2 Arquitectura de Protocolos Bluetooth

En [4] se menciona que “al igual que el modelo OSI (Open Systems Interconnection), Bluetooth utiliza un sistema de capas en su arquitectura de protocolos, en el cual, su objetivo es permitir que las aplicaciones escritas de acuerdo con la especificación puedan interoperar entre sí. El stack completo de protocolos comprende tanto protocolos específicos de la tecnología inalámbrica Bluetooth, por ejemplo, LMP (Link Manager Protocol) y L2CAP (Logical Link Control and Adaptation Layer), como protocolos como OBEX (Object Exchange Protocol), UDP (User Datagram Protocol) y WAP (Wireless Application Protocol).”

La figura 2.2 muestra la pila completa de protocolos completa de Bluetooth, contiene los protocolos fundamentales, los protocolos de sustitución de cable y los protocolos adoptados.

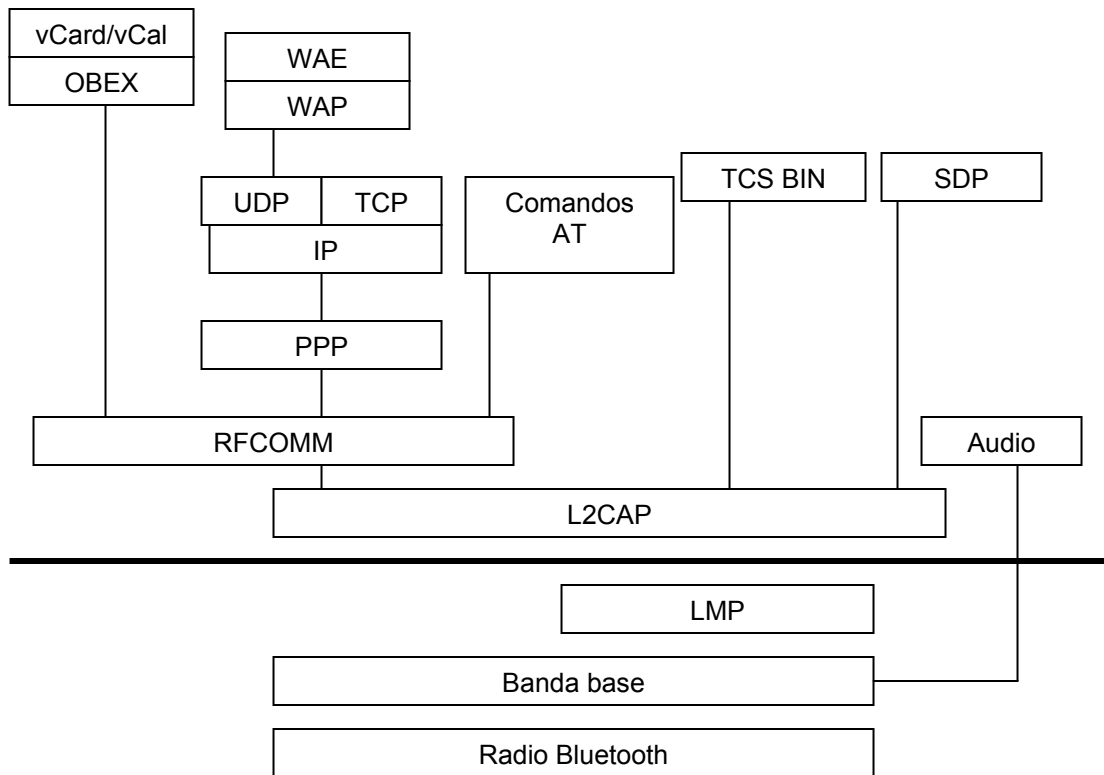


Figura 2.2 Pila completa de protocolos de Bluetooth, tomada de [4]

El stack de protocolos Bluetooth se compone de cuatro niveles. Los niveles y los protocolos se incluyen en la tabla 2.1:

<b>Nivel del protocolo Bluetooth</b>	<b>Componentes de la pila de protocolos.</b>
Protocolos fundamentales de Bluetooth	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Banda base</li> <li>• LMP (Link Manager Protocol)</li> <li>• L2CAP (Logical Link Control y Adaptation)</li> <li>• SDP (Service Discovery Protocol)</li> </ul>
Protocolo de sustitución de cable	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RFCOMM (Radio Frequency Communication)</li> </ul>
Protocolos de control de telefonía	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TCS BIN (Telephony Control Specification Binary)</li> <li>• Comandos AT</li> </ul>
Protocolos Adoptados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PPP (Protocolo Punto a Punto)</li> <li>• UDP (User Datagram Protocol) / TCP (Transmisión Control Protocol) / IP (Internet Protocol)</li> <li>• OBEX (Object Exchange Protocol)</li> <li>• WAP (Wireless Application Protocol)</li> <li>• vCard</li> <li>• vCalendar</li> <li>• IrMC (Infrared Mobile Communications)</li> <li>• WAE (Wireless Application Environment)</li> </ul>

Tabla 2.1 Pila de Protocolos de Bluetooth

### **2.4.3 Aplicaciones de Bluetooth.**

Bluetooth permite hacer conexiones a una amplia gama de dispositivos informáticos y de telecomunicaciones de una forma sencilla y simple, dentro de las posibles aplicaciones que se pueden realizar están [4]:

- Comunicación con dispositivos periféricos.
- Trabajo en grupo.
- Sincronización de datos.
- Sistemas incorporados en automóviles.
- Plataformas de comunicación.
- Libros electrónicos.
- Repositorios virtuales.
- Intercambio de información.

## 2.5 Tecnología IRDA.

Las comunicaciones de datos por infrarrojos, basados en estándares de la Asociación de Datos Infrarrojos (IrDA), se han hecho ampliamente disponibles en computadoras personales y periféricos como una oportunidad existente para las comunicaciones inalámbricas en rangos cortos en sistemas nativos y en dispositivos de todos los tipos. Los estándares IrDA fueron desarrollados muy rápidamente (comparados con las organizaciones de estándares) y la información sobre los protocolos IrDA aun no alcanza a todos los rincones donde haya sistemas.

Según la definición de [11] *“La asociación de datos infrarrojos es una industria basada en un grupo de más de 150 compañías que han desarrollado estándares de comunicación especialmente a un bajo costo, rango corto, comunicaciones punto a punto en un amplio rango de velocidades. Estos estándares han sido implementados en varias plataformas computacionales y más recientemente están disponibles en varias aplicaciones incrustadas. Dada su amplia aceptación, la especificación de IrDA está ahora en un proceso acelerado por adoptar los estándares ISO”*.

Los protocolos de comunicaciones tratan con muchos puntos por lo que generalmente son divididos en capas, cada una de las cuales tratan con un conjunto manejable de responsabilidades y fuentes necesitadas en las capas tanto superiores como inferiores. Cuando se coloca una capa arriba de otra, se dice que se genera una pila de protocolos. La figura 2.3 muestra la pila completa de protocolos de IrDA [11].

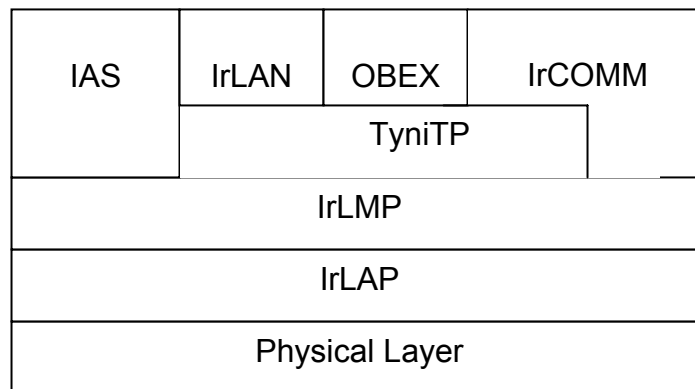


Figura 2.3 Pila de protocolos de IrDA, tomada de [11]

La pila de protocolos se dividen en requeridos y opcionales, a continuación se definen:

*Protocolos IrDA requeridos:*

Las capas de la pila de protocolos IrDA que son requeridas son definidas por [11] y se muestran en la figura 2.3 e incluyen lo siguiente:

- **Capa física:** Especifica las características ópticas, codificación de datos y enmarcado para distintas velocidades.
- **IrLAP:** Link Access Protocol. Establece una conexión básica confiable.
- **IrLMP:** Link Management Protocol. Multiplexa los servicios y las aplicaciones sobre la conexión LAP.
- **IAS:** Information Access Service. Proporciona las “páginas amarillas” sobre un dispositivo.

*Protocolos opcionales.*

Los protocolos opcionales son mostrados también en la figura 2.3 y su uso depende de una aplicación en particular y estos son:

- **TinyTP:** Tiny Transport Protocol. Agrega control de flujo para mantener la velocidad de transmisión de paquetes y es usada en la mayoría de los casos.
- **IrOBEX:** The Object Exchange protocol. Facilita la transferencia de archivos y otros objetos de datos.
- **IrCOMM:** Emulación de los puertos serial y paralelo. Habilita aplicaciones que usan comunicaciones seriales y paralelas para usar IR (Infrarrojos) sin cambios.
- **IrLAN:** Acceso a redes de área local. Habilita acceso IrLAN para computadoras portátiles y otros dispositivos.

## 2.6 Ubicación del Modelo Propuesto.

La figura 2.4 muestra un esquema de los distintos factores que soportan el modelo presentado.

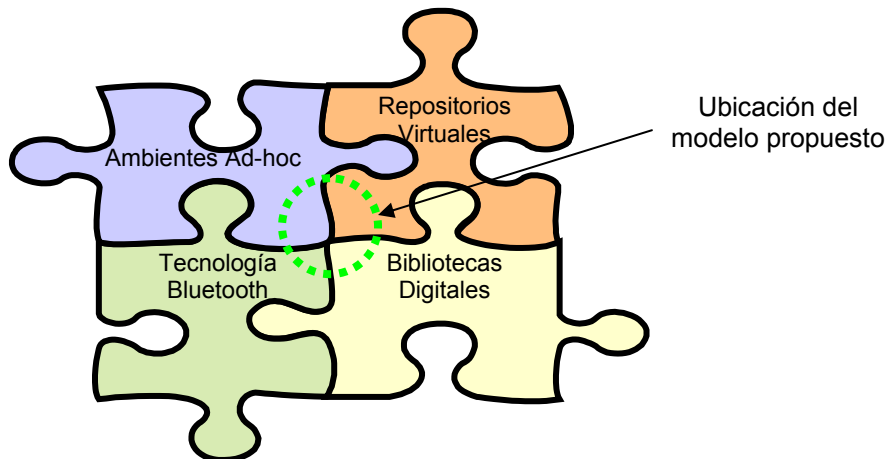


Figura 2.4 Factores que soportan el modelo presentado

Como se muestra en la figura 2.4, son cuatro puntos importantes los cuales soportan el modelo propuesto en este trabajo de tesis. Los ambientes ad-hoc que permiten la colaboración de dispositivos para la ejecución de tareas de manera colaborativa sin necesidad de una infraestructura definida, para lo cual la Tecnología Bluetooth permite la creación de redes ad-hoc a través de la creación de las PicoNet. Así mismo, los ambientes ad-hoc son una herramienta que permite la creación de repositorios virtuales de documentos, donde alojar documentos de manera digital para después acceder a ellos y por último las bibliotecas digitales que tienen cierta similitud con los repositorios virtuales, solo que en estas, la robustez de las funcionalidades permite un mayor aprovechamiento de los recursos electrónicos y la tecnología Bluetooth, que una de sus características es la facilidad de crear redes de área personal, conocidas como PicoNet que facilitan la creación de ambientes ad-hoc entre dos y hasta ocho dispositivos.

El modelo propuesto se ubica al centro de la figura tomando en cuenta que se consideran características de los ambientes ad-hoc para la creación de un repositorio virtual con ayuda de la Tecnología Bluetooth, el cual abarca algunas funciones básicas de las bibliotecas digitales, tales como aspectos de recuperación de documentos a través de las consultas generales y la búsqueda específica. A continuación, se muestran algunos trabajos que se han desarrollado a lo largo del tiempo donde se pueden observar algunos aspectos que se muestran en la figura anterior, los cuales ayudan a fortalecer el modelo propuesto.

## 2.7 Trabajos Relacionados.

Para el sustento de este trabajo de tesis, a continuación se describen algunos trabajos que se han desarrollado en el ambiente de repositorios de documentos, así como también sobre temas relacionados con el concepto de ambientes ad-hoc, bibliotecas digitales y sobre el uso de las tecnologías de comunicación para el desarrollo de estos, por ejemplo Bluetooth.

### 2.7.1 PDLib (*Personal Digital Library*):

De acuerdo con [8], una biblioteca digital se define como una colección organizada de documentos en diversos formatos digitales para los que se brindan servicios como envío, clasificación, búsqueda, recuperación y administración de documentos. Además, una biblioteca digital facilita la relación entre usuarios que se encuentran localizados en sitios geográficamente separados.

Así mismo, como dice [9], el proyecto PDLib tiene por objetivo principal brindar los servicios ofrecidos por una biblioteca digital, pero enfocado al soporte a usuarios, es decir, por medio de PDLib cada persona puede tener su propia biblioteca digital. Así que se puede decir que PDLib realiza la abstracción de una biblioteca personal con el soporte para usuarios de dispositivos móviles [9].

Este proyecto plantea realizar el soporte de seis funciones básicas:

- *Creación digital de documentos*: Permite al usuario crear y anexar documentos a su biblioteca digital sin importar su localización o el dispositivo con el cual se conecta.
- *Clasificación e indexamiento*: Cada documento forma parte de una colección, con lo que el usuario podrá mantener en contexto documentos relacionados.
- *Distribución*: Brindar el acceso a los documentos contenidos en la biblioteca de manera rápida y confiable.
- *Administración y control*: Permitir al usuario dar permisos de acceso, lectura y escritura a un usuario externo, con el fin de mantener la confidencialidad y control de los documentos almacenados en su biblioteca.
- *Personalización*: Permitir al usuario personalizar la forma en que interactúa con su biblioteca, dependiendo de sus necesidades de información, ya sea de forma individual o grupal [10].

En PDLib cada usuario tiene acceso a varias bibliotecas, ya sean propias o ajenas, las cuales están compuestas por colecciones que contienen a su vez colecciones y documentos. Estas bibliotecas pueden ser personalizadas por el usuario, creando y borrando las colecciones que desee y moviendo, copiando o descargando documentos.

Además, un usuario puede definir el conjunto de metadatos que desea utilizar para describir el contenido de cada colección, permitiendo con esto que cada usuario pueda tener organizada su información como más le agrade.

Como lo menciona [10], el componente principal del sistema llamado Servidor de Datos, realiza la labor del repositorio de las bibliotecas de cada usuario. Ahí se encuentran almacenados los documentos y los metadatos que los describen, además de brindar acceso de forma remota a la información.

Para dar el soporte a estas funciones se diseñó una arquitectura que plantea dar servicio a diversos tipos de dispositivos de acuerdo con sus capacidades de cómputo: Desktop, Laptop, TabletPC y PDA y con múltiples sistemas operativos: Windows, Linux, Mac OS, Palm OS, Windows CE. Esta arquitectura está basada en la idea de brindarle a cada tipo de dispositivo la mejor forma de interactuar con los servicios ofrecidos por PDLib a través del Servidor de Datos. Para esto, se definieron tres tipos de acceso:

- *Por medio de un middleware*: Está pensado para dar el soporte a dispositivos de recursos limitados, por ejemplo PDA's.
- *Por medio de un servidor Web*: Permite el acceso por medio de http, a cualquier dispositivo que cuente con un navegador Web. Está pensado en usuarios de dispositivos que cuenten con Web Browsers sin restricciones de funcionalidad y para teléfonos celulares que soporten la comunicación por WAP.
- *Directamente con el servidor*: Permitiendo la interacción a dispositivos como una Desktop o laptop sin intermediarios y con la máxima funcionalidad.



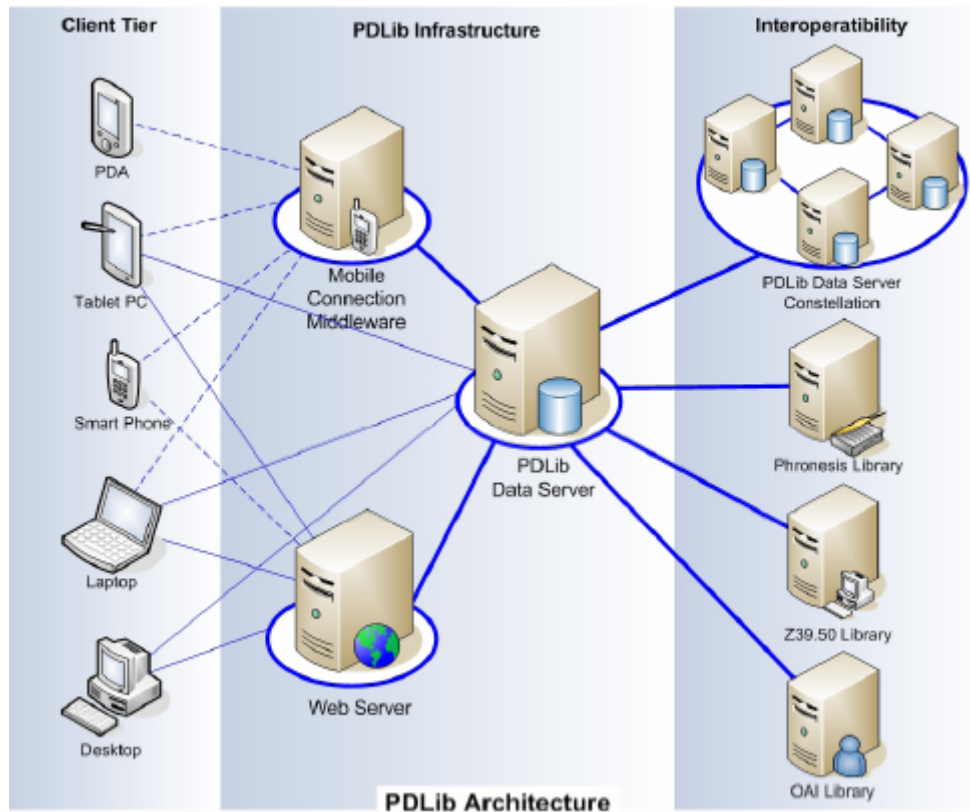


Figura 2.5 Arquitectura PDLib. (tomado de [12])

Con la definición de esta arquitectura se plantea dar el soporte a los usuarios para dar la abstracción de que su biblioteca digital está con él sin importar su ubicación física ni la forma en que se comunique.

Actualmente el proyecto PDLib tiene prototipos funcionales de cada uno de los componentes integrados.

### 2.7.2 Universal Personal Library System (UPLib)

UPLib está siendo desarrollado en el centro de investigación de Palo Alto, California, Estados Unidos [17]. Este sistema consiste en un repositorio de textos completos indexados accedidos a través de un agente activo vía una interfaz Web. Es conveniente para colecciones personales que contienen miles de documentos (incluidos papers, libros, fotografías, recibos, correos electrónicos, etc.) y proporciona acceso fácil a los documentos aún y los niveles de seguridad y privacidad. A diferencia de muchos otros sistemas de la clase, el acceso de los usuarios a la colección de documentos es asegurado aunque UPLib no esté disponible.

El proyecto UPLib direcciona la captura, el almacenamiento seguro, la organización, acceso y uso de documentos incluidos en las actividades personales día a día. Algunos de estos documentos son tarjetas de crédito, fotografías familiares, libros favoritos, cartas de varios tipos, recibos, formatos de impuestos, páginas Web y otras formas que son usadas en la vida moderna.

La intención de este proyecto es desarrollar una biblioteca en múltiples formas, incluyendo una en la que siempre puedas tener tus documentos en dispositivos pequeños, tales como las PDA. Las consideraciones principales para el diseño en este sistema de biblioteca personal digital son:

- Universalidad: los documentos son originados de cualquier fuente y en cualquier formato inicial.
- Disponibilidad: Documentos, aunque sean libros grandes, pueden ser fácilmente encontrados, explorados y leídos con cualquier explorador Web estándar y los documentos son accesibles cuando la biblioteca digital no este funcionando.
- Extensibilidad: La funcionalidad puede ser fácilmente agregada para manejar nuevos tipos de búsquedas, conversiones, organización y acceso.
- Búsquedas: Los documentos pueden ser recuperados usando una combinación natural de recuperación de textos completos sobre metadatos e información de categorías con una búsqueda visual sobre los registros de la biblioteca.
- Escalabilidad: Miles de documentos pueden ser acomodados sin reducir la sensibilidad del sistema.
- Seguridad: Documentos tales como registros médicos y financieros pueden ser almacenados de manera segura.

Las principales características de este proyecto son:

- Captura de documentos:

Los documentos son capturados de manera similar en varios medios y en varios formatos, pueden ser datos, videos, música, imágenes, etc.

- Normalización y almacenamiento.

Cuando una nueva carpeta de documentos es pasada al sistema UPLIB, se le asigna un nombre único y este proceso incluye la producción de otras versiones de los documentos y la generación de metadatos acerca del documento.

- Recuperación y uso.

Una vez que un documento ha sido almacenado en el repositorio, la mayor parte de los accesos a él son con un explorador de Web, a través de tener una presentación visual de todos los documentos o una búsqueda completa sobre texto o sobre metadatos.

- Arquitectura.

La arquitectura de este proyecto está basado en el modelo cliente servidor, donde el cliente, que típicamente ejecuta en un explorador Web el inicio para la interacción de esta aplicación.

Como se puede ver, UPLib es un proyecto donde se desarrollan las capacidades y habilidades que permiten visualizar las características comunes de un repositorio de documentos. Cabe destacar que la principal tecnología de comunicación es Internet, sin embargo, también hay proyectos donde se han desarrollado aplicaciones similares, pero en ambientes ad-hoc, tal como se muestra en el siguiente trabajo.

### *2.7.3 Peer to Peer Information Sharing in a Mobile Ad Hoc Environment.*

En [15] se presenta el trabajo del Departamento de Ciencias Computacionales de la Universidad de Dublín y por el Departamento de Sistemas de Información y Software de la Universidad de North Carolina en Charlotte en el año 2004.

En años recientes, los dispositivos móviles han experimentado incrementos drásticos en poder de procesamiento, capacidad de almacenamiento y conectividad. Con la rápida adopción de tales dispositivos, el usuario móvil tiene el potencial de almacenar cantidades significativas de información útil, ejecutar aplicaciones sofisticadas y establecer rápidas conexiones de red inalámbricas a través de numerosos canales, todo en una plataforma móvil a la mano.

En este trabajo se propone diseñar una aplicación para compartición de archivos punto a punto que pueda ser operada principalmente de manera automática. Esto es, que la aplicación incluya el proceso de búsquedas de archivos del lado a nombre del usuario. Para facilitar esto, se propone un agente de software, el cual automáticamente construye el perfil del usuario y usa este perfil cuando se interactúa con otros agentes de software. El perfil consiste en una serie de palabras que describen los intereses del usuario.

Cuando un dispositivo conecta a otro de manera remota, el agente envía un requerimiento de recomendaciones. Este requerimiento incluye el perfil del usuario, el cual el agente remoto usa para seleccionar los archivos del repositorio de recomendaciones.

Para facilitar la compartición de documentos punto a punto a través de usuarios móviles, se requiere de un protocolo que habilite a los dispositivos para comunicarse con otros. Para esta aplicación se utiliza Gnutella [16] que es un protocolo distribuido y abierto, el cual permite la compartición descentralizada de archivos sobre Internet formando una red de dispositivos cubierta que ejecutan aplicaciones Gnutella. Además los nodos son descritos como dispositivos y cada nodo desempeña el mismo conjunto de funcionalidades que cualquier otro nodo, actuando como servidor, cliente o ruteador.

Las funciones básicas de Gnutella son:

- Descubrimiento de dispositivos.
- Establecimiento de la conexión
- Búsquedas.
- Ruteo.
- Transferencia de archivos.

Para este desarrollo en particular, se tienen los siguientes componentes:

- Un administrador de red.
- Agentes de búsqueda.
- Recomendador.
- Una interfaz de usuario.

Los componentes del administrador de la red consisten en módulos requeridos para la conexión de los dispositivos, servidores de archivos, peticiones de clientes distribuidos y paquetes de ruteo para la red.

El agente de búsqueda tiene como propósito el realizar las búsquedas automáticas de archivos. El agente de búsqueda construye una representación de los intereses del usuario que habilita el recomendador para identificar los archivos recomendados. Esta representación se da a través del uso de un vector de palabras que determinan el parámetro de búsqueda.

El recomendador usa los perfiles que recibe para realizar las recomendaciones de los archivos almacenados localmente. La función realizada es en base a las aproximaciones de los perfiles con los archivos que se tienen de manera local.

Por ultimo, la interfaz de usuario sigue el diseño de otras aplicaciones de compartición de archivos y consiste en seis pantallas, las cuales permiten al usuario ver los archivos compartidos, realizar las consultas, monitorear las descargas y las comparticiones, edición del perfil del usuario y visualizar los detalles de las recomendaciones hechas por los demás dispositivos.

Cómo se puede observar en los trabajos relacionados mencionados en esta sección, PDLib se enfoca en el acceso a datos mediante una infraestructura física de servidores y medios de conexión para la cual se debe tener una conexión a Internet para ejecutar las funciones de una biblioteca digital, sin embargo en el modelo propuesto en esta tesis no existe una infraestructura física definida para acceder a los documentos, ya que el repositorio físicamente no existe, sino que es creado al ejecutar la aplicación desarrollada para este fin.

Así mismo, otro trabajo que se mencionó es UPLib que sus principales características es el permitir el acceso a los documentos desde diversos medios, tales como computadoras portátiles, PDA's, computadoras de escritorio, teléfonos celulares, etc. Toda la comunicación se realiza mediante un esquema de cliente – servidor y soporta el acceso a datos aun si no se tiene la conexión física con el repositorio de documentos. La diferencia en nuestro caso es que el medio de comunicación para acceder a los documentos no es Internet Inalámbrico, sino que la tecnología de comunicación usada es Bluetooth, que permite comunicar dispositivos de una manera ad-hoc (sin una infraestructura fija) a través del uso de un esquema de maestro – esclavo.

Otra diferencia es que los documentos del repositorio no están físicamente en todos los dispositivos, sino solamente los nombres e información relevante que muestra la ubicación física, tamaño en bytes, última fecha de modificación y tipo de archivo.

Una diferencia más es que el control del tráfico en la red ad-hoc lo lleva el maestro y los esclavos se sincronizan al reloj y tiempos del maestro, ventaja que ayuda en parte al control de la concurrencia en las peticiones a los archivos.

Un trabajo que refleja de una mejor manera el uso de los ambientes ad-hoc es Peer to Peer Information Sharing in a Mobile Ad Hoc Environment. En dicho trabajo se propone el uso de las redes sin infraestructura para la compartición de documentos usando la tecnología Bluetooth, implementando las opciones de búsqueda de documentos, principalmente archivos de audio.

La diferencia con el modelo propuesto en este trabajo de tesis radica en que para este modelo se propone la implementación de una red ad-hoc en lugar de la comunicación Peer to Peer dada en este trabajo relacionado. Así mismo, otra diferencia es que las funciones que se proponen son algunas de las básicas de una biblioteca digital, por ejemplo la compartición de documentos y los servicios de recuperación de documentos, además que la solución dada por la red ad-hoc es el tener un espacio virtual, que se crea a la hora de inicializar la aplicación por parte de los usuarios.

Una diferencia más radica en que dentro de cada dispositivo solo existe la ruta y la ubicación de todos los documentos que forman el repositorio virtual, por lo que no genera espacio dentro de él y en el momento en que el usuario desea obtenerlo se hace la conexión a través del “maestro” al usuario que tiene el documento, procesando la petición de envío del archivo y regresándola de nuevo a través del maestro al usuario que realizó la petición.

#### *2.7.4 Servicios de Bibliotecas Digitales a través de una arquitectura punto a punto en dispositivos móviles.*

En [18] se presenta un trabajo de tesis desarrollado en el ITESM Campus Monterrey, en el cual se propone una forma de prestar servicios de bibliotecas digitales a través de una arquitectura punto a punto en dispositivos móviles usando como tecnología de comunicación la red de Internet.

El esquema de comunicación se basa en un conjunto de dispositivos los cuales pueden comunicarse entre sí o también usando un dispositivo como intermediario para la interacción entre los distintos elementos de la red. La comunicación se inicia cuando el dispositivo intermediario reúne las direcciones IP y los nombres que identifican a cada dispositivo.

A su vez, el dispositivo intermedio reparte este listado y de esta manera cada dispositivo en la red tiene la información de todos los dispositivos que están conectados en la red.

El primer paso de este prototipo se da en que cada uno de los dispositivos se conecta una sola vez al servidor de datos de PDLib para obtener el esqueleto de las vistas y los documentos y una vez que esto sucede se envían los datos antes mencionados (IP y nombre) al punto intermedio para formar la lista de dispositivos.

Un dispositivo puede acceder a cualquier otro dispositivo y ver los documentos que tiene este y en caso de requerir algún archivo el dispositivo dueño recibe la petición y debe seleccionar del listado que tiene al usuario que realizó la petición y enviar el archivo solicitado.

Cuando el archivo está físicamente en el dispositivo, se envía de manera directa y cuando no lo está, solo se envían los metadatos y las referencias para que el usuario que desea este documento se conecte al servidor de datos de PDLib y obtenga el archivo. Tiene además la facilidad de que cada usuario tiene un manejador de eventos para monitorear las transferencias de archivos que se realizan y en un momento dado que algún dispositivo se desconecte, este evento se queda abierto y al reconectarse se identifica que hay eventos incompletos y con el nombre del dispositivo se buscan y cuando se encuentran se reconecta y se termina la transferencia.

Cada usuario puede realizar búsquedas de documentos en los diferentes dispositivos que están en la red, esto a través del envío de una petición al punto intermedio, el cual realiza las búsquedas de documentos y regresa un listado de los dispositivos que contienen el documento buscado así como el más cercano. Como podemos ver, las funcionalidades que se presentan son algunas de las básicas de una biblioteca digital, el principal medio de comunicación es Internet, por lo que las tasas de transferencia dependen del tráfico de la red y el manejo de direcciones IP es muy variable.

A diferencia del modelo propuesto en este trabajo de tesis, aquí se utiliza Bluetooth como medio de comunicación, se utiliza un esquema de una red ad-hoc en la modalidad de una PicoNet. Al igual que en este trabajo relacionado, existe un punto intermedio que en este modelo se llama Master, el cual se encarga de servir como “puente” para todas las peticiones, por lo que se reduce la posibilidad de concurrencia en algún documento.

Una diferencia más se da en que para el modelo propuesto en este trabajo no se requiere conectarse en ningún momento a algún servidor, ya que al iniciar la aplicación, se crea un espacio de documentos compartidos y la aplicación con que se valida este modelo tiene las interfases requeridas para mostrar la información de los documentos que se comparten en cada uno de los dispositivos,

Así mismo, en el trabajo de [18] se tiene la limitante de tener que conectarse vía Internet al servidor de PDLib y en el modelo de este trabajo, no se requiere ya que la arquitectura de los documentos compartidos, cada usuario la define al iniciar la aplicación. Como se puede ver, las diferencias hacen que el modelo propuesto tenga un realce en la facilidad de la creación del repositorio virtual de documentos sin la necesidad de una infraestructura de red, ya que es una de las principales características de la tecnología de comunicación Bluetooth.

En el siguiente capítulo se detallan las funcionalidades del modelo propuesto en este trabajo de tesis.

## **Capítulo 3. Modelo de un repositorio de documentos en un ambiente ad-hoc.**

### **3.1 Características generales de un repositorio de documentos digitales en un ambiente ad-hoc.**

En un ambiente de cómputo móvil, donde la finalidad que se busca es obtener y compartir la información en cualquier lugar, a cualquier hora, de una manera rápida, segura y sin la necesidad de una infraestructura fija, surge la necesidad de definir los servicios ofrecidos por un repositorio de documentos digitales en un ambiente ad-hoc.

Actualmente un repositorio de documentos digitales cuenta con varios servicios entre los que podemos mencionar: la aportación de documentos, la búsqueda general y búsquedas específicas por título, por autor, palabras clave, fechas de publicación, la navegación dentro del repositorio, consultas generales, actualización de los documentos, borrado de archivos, etc.

Como ejemplos de repositorios de documentos digitales se pueden mencionar: PDLib [6], DSPACE [17], PHRONESIS [20]. Estos son algunos ejemplos de repositorios de documentos digitales y dentro de las operaciones generales se pueden mencionar:

- *Aportación de Documentos:* Permite al usuario crear y anexar documentos a su biblioteca digital sin importar su localización o el dispositivo con el cual se conecta.
- *Clasificación e indexamiento:* Cada documento forma parte de una colección, con lo que el usuario podrá mantener en contexto documentos relacionados.
- *Consultas Generales:* Brindar el acceso a los documentos contenidos en la biblioteca de manera rápida y confiable.
- *Administración y control:* Permitir al usuario dar permisos de acceso, lectura y escritura a un usuario externo, con el fin de mantener la confidencialidad y control de los documentos almacenados en su biblioteca.



- *Búsquedas de documentos*: Permite al usuario realizar búsquedas de documentos con base en parámetros definidos por él mismo, tales como título del documento, autor(es), palabras clave, etc.
- *Personalización*: Permitir al usuario personalizar la forma en que interactúa con su biblioteca, dependiendo de sus necesidades de información, ya sea de forma individual o grupal.
- *Preservación de documentos*: esta característica permite la preservación de los documentos digitales por mayor tiempo.
- *Control de acceso*: permite al usuario autenticarse y así hacer uso del repositorio virtual.
- *Soporte de distintos tipos de archivos*: es una característica la cual permite el almacenamiento de distintos tipos de archivos, tales como texto, video, audio, imágenes, etc.

Ya que se han mencionado las características generales de los repositorios de documentos digitales, a continuación se describen algunos escenarios donde se hacen presentes algunas de las funcionalidades mencionadas anteriormente en un ambiente ad-hoc. La finalidad es poder mostrar de una manera real la aplicación de los repositorios en este ambiente.

### **3.2 Escenarios típicos de operación del modelo.**

Para ejemplificar cómo el cómputo móvil ofrece ventajas significativas en el acceso a repositorios de documentos digitales en ambientes ad-hoc, se muestran a continuación algunos escenarios típicos donde se ve reflejada la operación que se pretende cumplir con el modelo propuesto.

#### **Escenario 1.**

En una reunión de varios expositores, donde cada uno realiza sus presentaciones, surge la idea por parte de uno de ellos de compartir sus documentos con los demás participantes. En el receso de las presentaciones, se reúnen y habilitan en sus PDA's la aplicación que les permita compartir sus documentos con los demás expositores. Una vez que se ejecutó la aplicación, *cada uno de los expositores podrá aportar al repositorio virtual los documentos que crea pertinente y así ponerlos a disposición de todos los dispositivos que forman parte del repositorio.*

## **Escenario 2.**

Un grupo de médicos asisten a un congreso de la especialidad a la que pertenecen. Es bien sabido, dada la condición del médico que su profesión les demanda estar al día en su área, por lo que la falta de tiempo para revisar documentación de su interés, hace que utilicen sus PDA's y así tenerla a la mano y leer en las oportunidades que tengan tiempo disponible.

Dentro de este congreso, la mayoría de los médicos están en la misma situación y gracias a que son de la misma especialidad es que comparten el interés por cierto tipo de información. Como cada uno de ellos tiene sus documentos en sus PDA's, en el receso se reúnen cuatro o cinco médicos y habilitan una aplicación que les permite ver los documentos que tengan los demás colegas utilizando una vista común y en ella *consultar los documentos que sean de su interés*, visualizándolos en modo "solo lectura" o realizando una copia de manera local.

## **Escenario 3.**

En un salón de clase, el profesor encarga a sus alumnos un trabajo de investigación en equipo que será tomado en cuenta en el examen final.

Para llevar a cabo esta investigación los equipos se organizan internamente de la siguiente manera: cada integrante del equipo buscará información del tema en forma individual y se tendrán reuniones diarias para compartir los documentos que cada quien obtuvo.

Dado la gran cantidad de información recabada por cada integrante, al momento de la reunión los alumnos habilitan una aplicación que les permita crear un repositorio virtual de documentos y cada alumno aporta los archivos que obtuvo para tener todos en sus dispositivos el listado general de documentos disponibles y *cada uno de los integrantes podrá realizar búsquedas específicas* sobre el título del documento y así seleccionar los que cumplan con el tema buscado y terminar su trabajo.

### 3.3 Funcionalidad y componentes del modelo de repositorio virtual en un ambiente ad-hoc.

Un repositorio virtual es un espacio virtual común para todos los dispositivos que forman parte de la red ad-hoc en el cual están contenidos todos los documentos que son aportados por cada uno de los dispositivos para ser puestos a disposición de los demás PDA's que forman parte del repositorio.

La figura 3.1 muestra un esquema de la creación del repositorio virtual de documentos:

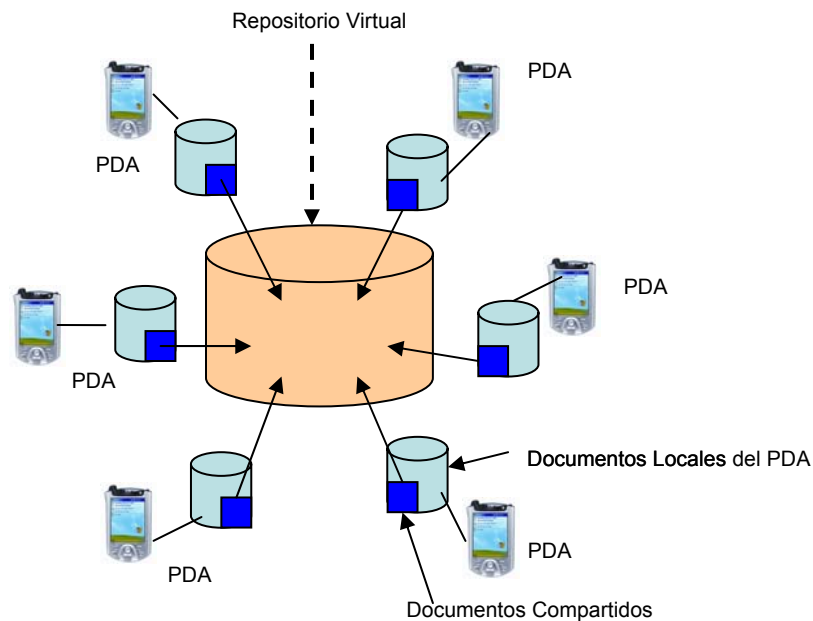


Figura 3.1 Esquema conceptual de un repositorio virtual

En la figura se muestra que cada PDA cuenta con un espacio para los documentos locales y dentro de éste tiene un espacio llamado "compartido" donde coloca los que desea poner a disposición de los demás participantes del repositorio virtual.

Algunas características de un repositorio virtual son:

- Se puede tener un listado de los documentos compartidos por todos los dispositivos de la red-ad-hoc.
- Se pueden aportar documentos al repositorio virtual.
- Cada PDA tiene la facilidad de obtener los documentos deseados, ya sea en modo de visualizar solo lectura u obtener una copia.
- Los usuarios del repositorio pueden hacer búsquedas específicas de documentos sobre el listado general.

En el modelo propuesto se contemplan algunas operaciones básicas de un repositorio virtual de documentos en un ambiente ad-hoc, entre estos se pueden mencionar:

### ***Aportación de documentos.***

Esta funcionalidad permite seleccionar de una lista de documentos almacenados en el dispositivo móvil los archivos que se desean compartir con los demás participantes de la red ad-hoc y de esta manera ponerlos a disposición de los demás.

Así mismo, cada usuario puede quitar documentos del repositorio virtual siempre y cuando el usuario lo haya aportado con anterioridad, sin embargo, esto no implica que el documento se elimine del dispositivo local del usuario, sino solamente se elimina del repositorio virtual.

### ***Consulta de documentos.***

Aquí los usuarios pueden ver un listado de todos los documentos aportados por todos los participantes de la red ad-hoc y en este listado se tiene el detalle de la ubicación física del documento, el tamaño, el tipo de documento y la última fecha de modificación. Cada documento puede ser visualizado en modo de solo lectura o también se puede obtener una copia de dicho archivo.

### ***Búsquedas específicas.***

Esta funcionalidad permite al usuario hacer búsquedas específicas sobre el listado de documentos que aportó cada usuario. Estas búsquedas se realizan con base en el título del documento y sobre los resultados obtenidos se pueden realizar las mismas operaciones que en la funcionalidad de consultas.

A continuación se muestran los componentes del modelo propuesto para la creación del repositorio virtual en un ambiente ad-hoc.

### **3.4 Componentes del modelo propuesto.**

Para facilitar la creación del modelo, se debe contar con un conjunto de componentes que permitan que, a través de su interacción, sea posible crear el repositorio virtual de documentos.

En la figura 3.2 se muestra el esquema conceptual del modelo propuesto en un ambiente de redes ad-hoc. En esta figura intervienen los asistentes digitales personales (PDA's), la tecnología de comunicación, la cual está dada por una red ad-hoc y como resultado de la interacción de estos dos, el repositorio virtual de documentos.

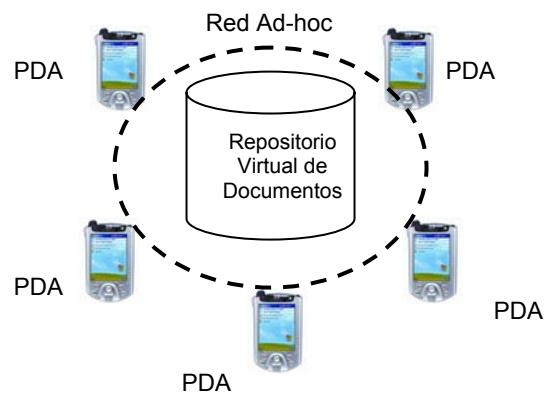


Figura 3.2 Esquema conceptual del modelo.

A continuación se presenta en la figura 3.3 la arquitectura del modelo propuesto en el cual se divide en dos bloques principales, los cuales muestran: lo que se realiza a través de la interfaz de usuario y las funcionalidades que se pretenden en el modelo propuesto y la tecnología de comunicación Bluetooth, dentro de la cual se identifican las dos acciones principales: Exploración de dispositivos que permitan crear la red ad-hoc y la posibilidad del intercambio de documentos, además de la formación de una PicoNet que está conformada por los maestros y esclavos que pertenecen a la red ad-hoc.

Además un componente importante son los Asistentes Digitales Personales, como entidad donde se implementa el Modelo propuesto. Con la interacción de los elementos mencionados anteriormente, se pueden lograr las funcionalidades que son descritas en la sección 3.3 de este capítulo.

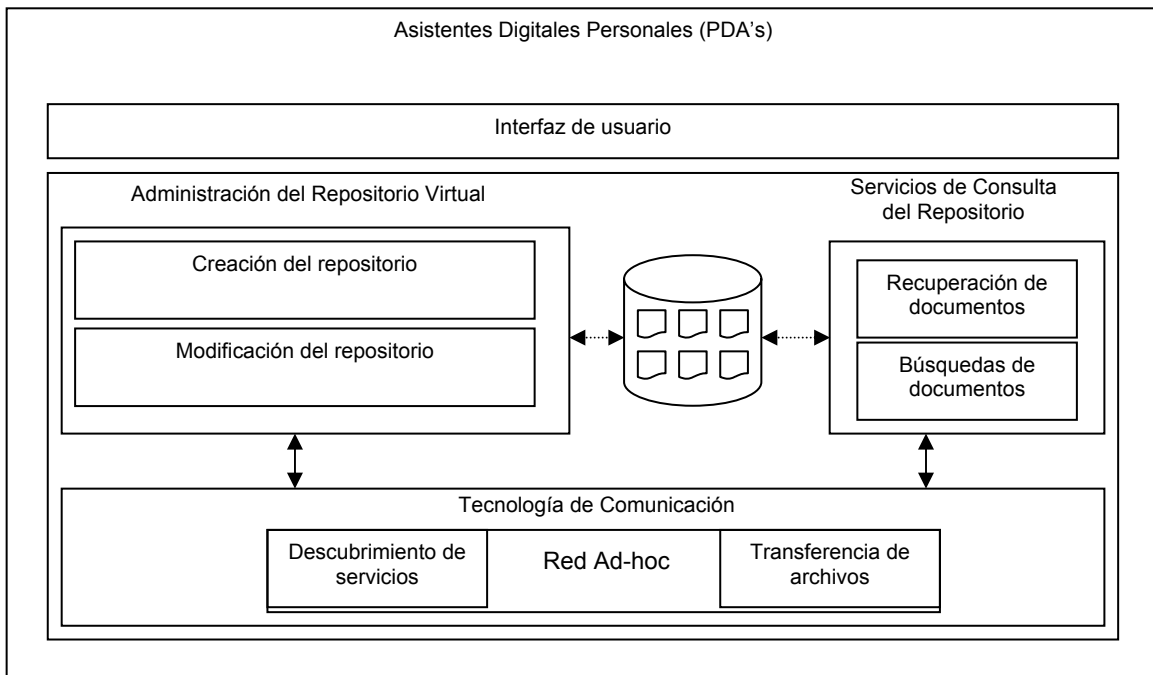


Figura 3.3 Arquitectura del modelo propuesto

### 3.4.1 Asistentes Digitales Personales.

Los asistentes personales digitales (PDA's) son dispositivos móviles orientados a datos, es decir, los desarrolladores de estos dispositivos dan prioridad al manejo de datos que a otras funciones tales como: voz, juegos, aplicaciones multimedia, etc. Debido a esto, los dispositivos orientados a datos tienen pantallas orientadas a desplegar la mayor cantidad de datos posible, esto aun y cuando las limitaciones de tamaño y capacidad se hacen presentes.

En la actualidad este tipo de dispositivos tienen tareas más específicas, tales como envío de correos electrónicos, lectura de documentos que son acoplados a este tipo de interfases, además de la facilidad que proporcionan para la conectividad inalámbrica, ya sea Wireless LAN o Bluetooth. Para el desarrollo del modelo propuesto, se hizo un estudio de compatibilidad entre los principales sistemas operativos que son usados en los PDA's.

Con el propósito de determinar el sistema operativo para el desarrollo de este modelo, la tabla 3.1 muestra una comparación de algunas características de cada uno de ellos.

Característica	Windows CE	Palm OS
Propósito	Brindar los servicios que provee una computadora en un dispositivo de capacidades reducidas.	Contar con un organizador personal.
Manejo de procesos	Soporta hasta 32 tareas corriendo simultáneamente	Un solo proceso corriendo a la vez
Modularidad	Puede configurarse para correr tanto en una Pocket PC, como en un teléfono celular.	Esta diseñado para correr en dispositivos propios de Palm
Almacenamiento	Provee una estructura jerárquica de folders y archivos muy similar al que provee cualquier plataforma Windows	Cuenta con una gran base de datos para almacenar tanto los programas como la información asociada a ellos.
Conectividad	Soporta Wi-Fi y Bluetooth	Soporta Wi-Fi y Bluetooth

Tabla 3.1: Comparación e Windows CE y Palm OS.

De la tabla anterior se puede mencionar que las características de Windows CE, por ejemplo, brindar los servicios que provee una computadora, pero en capacidades reducidas es una ventaja, ya que permite una mayor interoperabilidad entre la computadora de escritorio y un PDA, lo que facilita el trabajar documentos en ambos dispositivos sin perder formato ni presentación.

Además del soporte en cuanto a manejo de procesos, lo cual permite la ejecución de tareas en forma múltiple, cabe mencionar que la forma de almacenamiento es una ventaja también ya que permite tener una jerarquía de carpetas. Una característica soportada por ambos sistemas operativos es el soporte de los dos tipos de tecnología más usados, Wi-Fi y Bluetooth.

Tomando en cuenta la tabla anterior y las características de cada uno de los sistemas operativos, se puede observar que Windows CE es la mejor opción para el desarrollo de este modelo ya que proporciona facilidades para la programación al ser Visual C# un producto de Microsoft así como la interacción entre las aplicaciones más comunes que se manejan tanto en una computadora de escritorio como una portátil como un PDA, por ejemplo Microsoft Word, Microsoft Power Point y Microsoft Excel.

### **3.4.2 Interfaz de usuario.**

La interfaz de usuario es el componente del modelo al que tiene acceso el usuario final a través de su dispositivo móvil, además de ser la vista de la cual parten las tareas definidas para el modelo propuesto en este trabajo. La interfaz del usuario está compuesta por pantallas que permiten la selección de las diferentes opciones que soporta este modelo. Las pantallas se dividen en: principales, de exploración de dispositivos, compartición o eliminación de documentos del repositorio, consultas generales, búsquedas específicas, y salida.

### **3.4.3 Tecnología de Comunicación**

En este apartado se hace un comparativo entre las dos tecnologías de comunicación planteadas en los antecedentes para llegar a la decisión de elegir la que más se adecue para el desarrollo del modelo propuesto. Cabe mencionar que ambas tecnologías tienen importantes características que permiten la comunicación entre dispositivos.

Ahora bien, como se menciona en la figura 3.3, son tres elementos los que se contemplan en el área de tecnología de comunicación para el funcionamiento del modelo propuesto, estos son:

- Descubrimiento de servicios.  
Consiste en que a través de la exploración de dispositivos, la cual es una herramienta con que cuenta el modelo propuesto, se pueda verificar que los dispositivos que formarán parte de la red ad-hoc tengan habilitados los servicios que son requeridos para el buen funcionamiento de la aplicación. Los principales servicios con que debe contar un dispositivo son:
  - Permisos para ser descubierto.
  - Acceso a redes de comunicación
  - Transferencia de archivos habilitado.



- Red ad-hoc.  
Tal como se mencionó en la sección 2.2, las redes ad-hoc están compuestas por un conjunto de dispositivos que colaboran entre si en la ejecución de una aplicación. Para el caso en particular del modelo propuesto, se requiere que estos dispositivos tengan la capacidad para formar una red ad-hoc, desempeñando roles ya sea de maestro o principal y esclavo.
- Transferencia de archivos.  
Una de las principales características que se deben tener dentro de la tecnología de comunicación es que los dispositivos sean capaces y tengan las propiedades de transferir archivos, ya sea para recibir o para enviar. Ya que esta es una de las funciones principales de las que está formado el modelo propuesto.

En la sección 2.4 se presentaron aspectos teóricos de la tecnología Bluetooth, parte de su historia así como sus características respecto a topologías y protocolos de comunicación. En la tabla 3.2 se resumen las características de funcionamiento de los dispositivos Bluetooth que trabajan en el rango de los 2.4 GHz.

<b>Característica / Función</b>	<b>Funcionamiento</b>
Tipo de conexión	Expansión de espectro (saltos de frecuencia)
Espectro	Banda ISM de 2.4 Ghz.
Potencia de transmisión	1 milivatio (mW)
Velocidad de datos total	1 Mbps utilizando saltos de frecuencia.
Alcance	Hasta 10 metros.
Estaciones soportadas	Hasta ocho (8) dispositivos por picorred.
Canales de voz	Hasta tres (3)
Seguridad de datos	Para autenticación, una clave de 128 bits; para cifrado, el tamaño de la clave es configurable entre 8 y 128 bits.
Direccionamiento	Cada dispositivo tiene una dirección MAC de 48 bits que se utiliza para establecer una conexión con otro dispositivo.

Tabla 3.2 Características de funcionamiento de los dispositivos con Bluetooth, tomada de [4]

Una de las funcionalidades que es posible lograr a través del uso de la Tecnología Bluetooth es la formación de redes ad-hoc o sin infraestructura, lo cual permite la interacción de dos hasta ocho dispositivos que colaboran entre sí para la ejecución de tareas sin la necesidad de una infraestructura física definida. En el ambiente de Bluetooth, las redes ad-hoc son conocidas como PicoNet, de las cuales se hace mención a continuación:

Para comenzar, se menciona de acuerdo con [12] que los dispositivos Bluetooth comparten 79 canales de 1MHz de ancho de banda en una banda de 2.4 GHz usando frecuencia de saltos. Cuando dos dispositivos son conectados, uno de los dispositivos actúa como “maestro” y el otro dispositivo actúa como “esclavo”. Cualquier dispositivo puede desempeñar cualquier rol de maestro o esclavo.

Un dispositivo puede descubrir otros dispositivos mediante un proceso de búsqueda. Un maestro en estado de búsqueda realiza 3,200 saltos por segundo de acuerdo con una secuencia de búsqueda de 32 canales. Al mismo tiempo, un esclavo en estado de búsqueda cambia su frecuencia de búsqueda cada 1.28 segundos a lo largo de la misma secuencia.

Si el proceso de búsqueda tiene éxito, el maestro obtiene la dirección (la cual es única por cada dispositivo Bluetooth) y el reloj del esclavo. Entonces el maestro y el esclavo pueden ser conectados con el proceso de paginación. En el proceso de paginación, el maestro contacta al esclavo con una secuencia de saltos de 32 canales y el esclavo realiza saltos de cada 1.28 segundos a lo largo de la secuencia. Después que el maestro y el esclavo son conectados, ambos dispositivos se pueden comunicar en una secuencia sobre 79 canales en un rango de 1600 saltos por segundo. Esta secuencia de saltos está determinada por la dirección y el reloj del master.

Una PicoNet consiste de 1 maestro y hasta 7 esclavos activos. Todos los paquetes son intercambiados entre el master y sus esclavos dentro de la PicoNet. Esta comunicación no sucede directamente entre maestro y maestro, ni entre esclavo y esclavo.

La formación de la PicoNet se da cuando un usuario selecciona ser el maestro o anfitrión de la red y por consecuencia los demás dispositivos se conectan como esclavos y de esta manera se crea el entorno de una red ad-hoc sobre Bluetooth. A continuación se mencionan las características más relevantes de la tecnología IrDa, que fue también considerada en un inicio para el desarrollo del modelo propuesto.

## Tecnología IrDA

Como se mencionó en la sección 2.5, IrDA es la medio de comunicación estándar con que cuentan la mayoría de los dispositivos, para el caso de los móviles, no es la excepción ya que son muy utilizados en escenarios donde se requiere compartir algún documento de manera rápida y punto a punto.

La tabla 3.3 resume las principales características del funcionamiento de la tecnología IrDA.

<b>Característica / Función</b>	<b>Funcionamiento</b>
Velocidad de datos total	Hasta de 16 Mbps
Alcance	Hasta 1 metro.
Estaciones soportadas	De 1 a 3 como máximo
Angulo de alcance	Tiene una amplitud de onda de 15°

Tabla 3.3 Principales características de la tecnología IrDA, tomada de [13]

Tomando en cuenta que los PDA's en la actualidad cuentan con ambos tipos de tecnología y como se muestra en la figura 3.4, tomada de [13] se puede observar la manera en que cada una de las tecnologías realiza el proceso de conexión con otros dispositivos. Se puede observar que la tecnología IrDA tiene la restricción de ser punto a punto, mientras que Bluetooth, utilizando saltos de frecuencia permite una mayor cobertura a la hora de descubrir dispositivos, lo cual es una característica importante para la creación de una red ad-hoc.

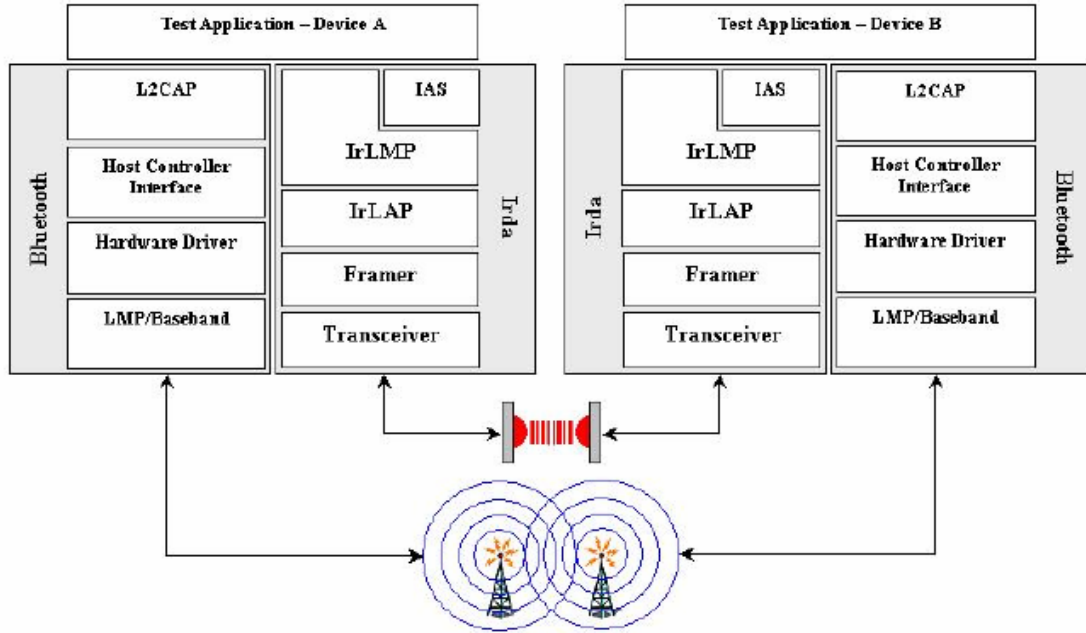


Figura 3.4 Pila de Protocolos de Bluetooth e IrDA, tomada de [13]

Una vez que se han evaluado los dos tipos de tecnologías y tomando en cuenta las características de cada una de ellas, se concluye que Bluetooth es la que permite crear una red ad-hoc con mayor facilidad dadas sus características para la búsqueda y conexión de dispositivos, la cual es a través de saltos de frecuencia y cuyo alcance es de 10 metros, además que el número de estaciones soportadas es mayor y que cuenta con las características mostradas en la tabla 3.2. Por lo tanto, Bluetooth será la tecnología utilizada para el soporte de comunicación de este modelo, mediante el uso del concepto de PicoNet.

### 3.4.4 Administración del Repositorio Virtual.

- *Creación del repositorio.*

La creación del repositorio se da cuando se ejecuta la aplicación del modelo propuesto y cada uno de los participantes ejecuta el rol que le corresponde, ya sea de maestro o esclavo, más adelante se detalla el proceso de creación del repositorio

- *Modificación del repositorio.*

Durante la ejecución de la aplicación del modelo, el repositorio puede sufrir cambios en su estructura, ya sea que crezca o se disminuya el conjunto de documentos, para lo cual existen dos acciones que se pueden llevar a cabo:

- *Agregar documentos.*

Un usuario en cualquier momento de la ejecución de la aplicación puede agregar documentos que desee poner a disposición de los demás PDA's y con esta acción se ve modificada la estructura del repositorio al crecer la lista de documentos compartidos por todos los usuarios.

- *Borrar documentos.*

De la misma manera en que cada usuario puede agregar documentos, puede borrar archivos que ya no desee compartir, lo cual significa que elimina la copia del documento del espacio compartido, pero no se elimina de los documentos locales de cada usuario.

- *Exploración de dispositivos.*

La exploración de dispositivos se considera una herramienta que permite la creación de la red ad-hoc, ya que su función es ubicar a dispositivos que utilicen el mismo tipo de tecnología para iniciar de esta manera la aplicación que habilite las funcionalidades del modelo propuesto.

### **3.4.4 Servicios de Consulta del Repositorio.**

- *Recuperación de documentos.*

Una vez que cada usuario comparte sus documentos, en cada PDA se tiene un listado de todos los documentos que forman parte del repositorio y dentro de este, el usuario podrá visualizar, en modo de solo lectura u obtener una copia del documento seleccionado y así tenerlo de manera local.

- *Búsqueda de documentos.*

Dentro del mismo listado de todos los documentos, cada usuario tiene la posibilidad de realizar búsquedas específicas en base al título del documento y del listado resultante podrá ejecutar las mismas acciones de la opción de recuperación de documentos.

En esta sección se describió la manera en como está conceptualizado el modelo propuesto en este trabajo de tesis, en el siguiente capítulo se detalla la implementación de las funcionalidades del modelo.

## **Capítulo 4. - Implementación de la funcionalidad del repositorio virtual para ambientes ad-hoc.**

El modelo propuesto esta basado bajo el esquema de la facilidad de construir una red ad-hoc, es decir sin infraestructura fija, por lo que la movilidad es una de sus principales características.

A continuación se presenta una prueba de concepto del repositorio virtual diseñado para la implementación del modelo propuesto en este trabajo de tesis, tomando en cuenta las definiciones de una PicoNet, donde se considera un mínimo de 2 y un máximo de ocho dispositivos (1 maestro y 7 usuarios).

Para el desarrollo de este modelo de repositorio virtual en un ambiente ad-hoc, se utilizó el lenguaje de programación Microsoft Visual Studio .Net 2003, en específico Visual C#, además la programación se desarrollo sobre la siguiente infraestructura de hardware:

Una computadora portátil con las siguientes características:

- Procesador Centrino 1.60 Ghz.
- 768 MB RAM
- 40 GB Disco duro.
- Microsoft Windows XP Profesional.

Además las pruebas se realizaron en dos Pocket PC HP 5500 con las siguientes características:

- Procesador Intel ® PXA255
- 126.63 MB en RAM.
- Microsoft Windows CE
- Bluetooth para Windows CE Versión 1.4.1 Compilación 07

### ***4.1 Investigación previa utilizando la Tecnología IrDA***

Durante el desarrollo del modelo propuesto en este trabajo de tesis, a la par de investigar cómo se podía crear una red sin infraestructura con Bluetooth, se exploró también la tecnología IrDA como medio de comunicación pensando en tener una opción más de conectividad para la creación de una red ad-hoc.

En este proceso de investigación se encontró que a través de IrDA se podía crear una red sin infraestructura usando este tipo de tecnología, basado en las siguientes premisas:

- Se creó un escenario donde existían dos dispositivos: un maestro y un esclavo.
- Ambos dispositivos realizaban la búsqueda de otros dispositivos cercanos que contaran con la tecnología IrDA.
- El esclavo enviaba su listado de documentos compartidos al maestro, el cual a su vez los unía en un solo listado agregando los documentos propios que decidía compartir.
- De esta manera, ambos dispositivos sabían lo que cada uno de ellos tenía para compartir.
- En esta aplicación, se podían aportar documentos y realizar consultas sobre un listado general de documentos, así mismo, cada uno de los usuarios podía obtener o ver el documento que deseara.

El uso de este tipo de tecnología de comunicación tenía las siguientes limitaciones:

- Funcionaba con dos dispositivos, ya que las características propias de la tecnología IrDA solo permiten conexiones punto a punto.
- Aunque si existe un rango de cobertura de 30° en las conexiones punto a punto con IrDA, cualquier dispositivo que se intentara conectar, tendría que apuntar directo al maestro y solo verlo a él y no a los demás dispositivos.
- Si por alguna razón el usuario excedía el rango de cobertura citado en el punto anterior, la conexión se perdía automáticamente.
- la longitud máxima para tener una conexión habilitada apuntando directamente el puerto infrarrojo era de 50 cm. Entre mas distancia había entre los dispositivos, el establecer la conexión era más difícil.
- Dados los escenarios de aplicación de este modelo, el conservar de forma constante la distancia mencionada en el punto anterior es prácticamente imposible.
- La cantidad máxima de usuarios conectados al maestro, cuidando alinear los puertos infrarrojos de los dispositivos podía ser de 2, por el rango de cobertura mencionado anteriormente.

Considerando las limitaciones que implicaba el tener la aplicación basada en la tecnología IrDA, es que se optó por seguir la línea de investigación hacia la tecnología Bluetooth, en la cual encontramos ejemplos de código que ayudaron a la realización del modelo de comunicación propuesto.



#### **4.2 Implementación del modelo usando la Tecnología Bluetooth.**

Para el desarrollo de este modelo se tomaron como base fragmentos de código de un kit de evaluación de la empresa High Point (<http://high-point.com>), la cual que trabaja para Microsoft y se dedica al estudio de la arquitectura de la tecnología Bluetooth en ambientes móviles.

En este código se encuentran rutinas que permiten acceder al stack de protocolos de Bluetooth, lo cual sirvió para implementar las funciones del modelo propuesto en este trabajo de tesis.

Dentro de las funciones que permite este código, se tienen las rutinas y procedimientos para el envío de archivos entre dos dispositivos que cuenten con la tecnología Bluetooth, además se permite la creación de una red sin infraestructura para el envío y manejo de información. Otras de las funciones que se pueden realizar son: el intercambio de tarjetas de presentación entre los dispositivos y la conexión con puntos de acceso (access points) Bluetooth.

Así mismo, para la utilización de este código fue necesario copiar los archivos BTAcessNet.dll, BTAcess.dll en cada uno de los PDA, los cuales se obtienen del folder que se obtuvo como ejemplo en la página Web, estos permiten la apertura del stack de protocolos y la implementación de las funciones antes mencionadas.

A continuación se mencionan de una manera detallada las funcionalidades contempladas en el modelo propuesto, además de la comprobación de cada una de ellas mediante la presentación de pantallas de ejecución de la aplicación.

- Exploración de dispositivos con tecnología Bluetooth.
- Aportación de documentos al repositorio virtual.
- Consultas de documentos.
- Búsquedas específicas de documentos.

### 4.2.1 Exploración de dispositivos con tecnología Bluetooth.

La exploración de dispositivos es la primera funcionalidad del modelo propuesto, en la que cada dispositivo tiene la capacidad de explorar el entorno y detectar dispositivos que tengan habilitado el mismo tipo de tecnología. En la figura 4.1 se muestra el proceso de exploración por parte de un usuario.

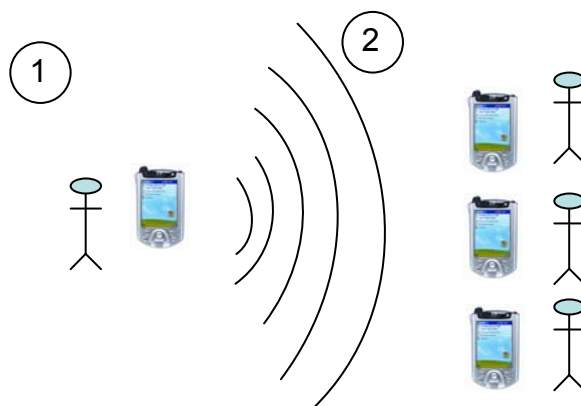
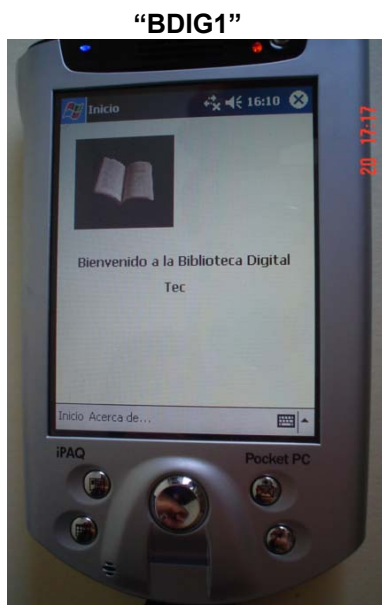


Figura 4.1 Esquema Conceptual de Exploración de dispositivos

En el punto 1, el usuario habilita en su PDA la aplicación y pila de protocolos de Bluetooth que tiene como función consultar la información de los dispositivos al alcance, los servicios que ofrecen y las características de dichos servicios. En el punto 2, los dispositivos que se encuentran en una distancia máxima de 10 metros y que tienen habilitada la tecnología Bluetooth son descubiertos y están listos para iniciar una PicoNet

Como se menciona en el apartado anterior la creación de la PicoNet se da cuando un usuario elige ser el maestro, lo hace saber a los demás y de esta manera los demás se conectan como esclavos quedando así listos para la creación del repositorio virtual.

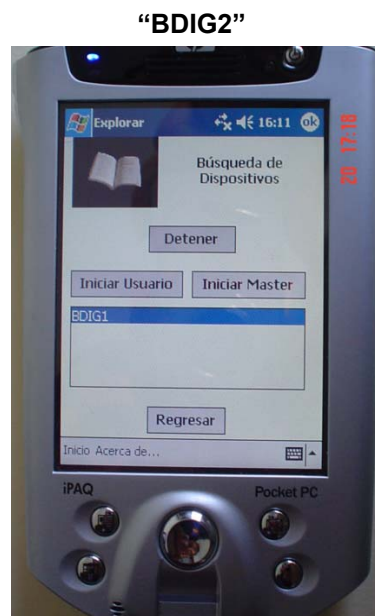
La figura 4.2 muestra esta funcionalidad.



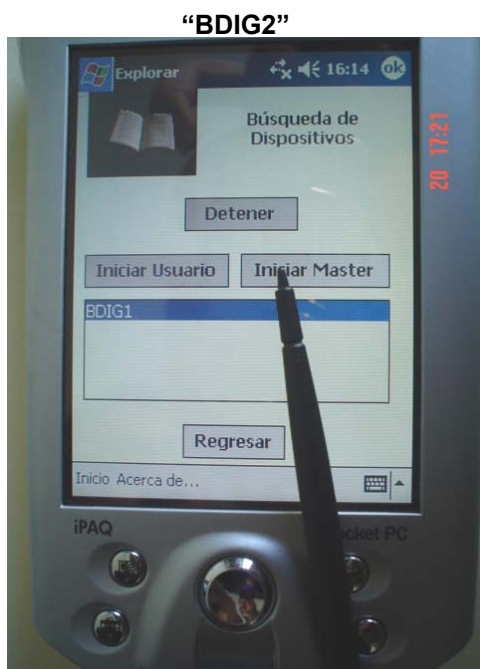
a)



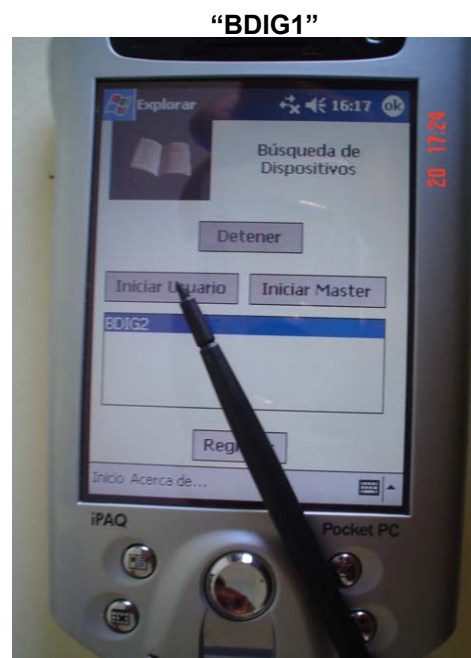
b)



c)



d)



e)

Figura 4.2 Exploración de dispositivos

En a).- Se muestra la página de inicio de la aplicación, la cual deben ejecutar todos los usuarios de la PicoNet.

b).- Es donde deberán seleccionar la opción de “Explorar Dispositivos”, la cual nos lleva a la pantalla mostrada en el inciso c)

c).- Muestra el resultado de la exploración, así como las opciones de: que pueden ser “iniciar maestro” o “iniciar esclavo”, detener el proceso de búsqueda o regresar a la pantalla inicial.

d y e).- En este punto de ejecución, esta todo listo para iniciar la PicoNet, la cual se realiza como se mencionó al inicio de esta funcionalidad.

En caso que el dispositivo que tiene la función de maestro decida retirarse de la PicoNet, los demás dispositivos deben reiniciar la aplicación del repositorio y asignar a otro como maestro para volver a crear el repositorio virtual.

Para el caso en que al iniciar la ejecución de la aplicación, dos de ellos seleccionaran el rol de maestro, se tendría que considerar la arquitectura de una scatternet, lo cual no se considera en este trabajo, sin embargo es una oportunidad para trabajos futuros.

#### ***4.2.2 Aportación de documentos al repositorio virtual.***

Al iniciar la ejecución de la aplicación, en cada uno de los dispositivos miembros de la PicoNet se crea de manera transparente una carpeta o directorio dentro de “mis documentos” llamada “compartidos” que es donde se colocarán los documentos que cada usuario desea poner a disposición de los demás. De la misma manera es el espacio donde recibirá los documentos que obtenga del repositorio.

Al ejecutar la aplicación por primera vez, el repositorio virtual se encuentra vacío, por lo que está listo el espacio para que los usuarios puedan aportar los documentos.

Mientras que el usuario forme parte de la PicoNet puede agregar o eliminar documentos de su carpeta de compartidos y cada una de estas acciones se verá reflejada en el listado de archivos del repositorio virtual, disponible para todos los usuarios de la misma.

En la figura 4.3 se muestra un esquema de dicha funcionalidad.

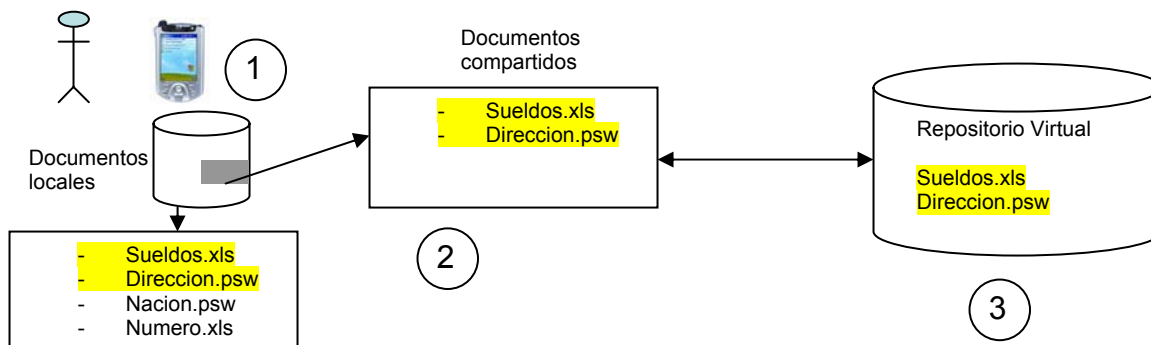


Figura 4.3 Esquema conceptual de aportación de documentos.

En el punto 1, cada usuario tiene en su dispositivo móvil un listado de documentos locales, así mismo, en el punto 2, el usuario cuenta con un espacio dentro de la carpeta de “mis documentos” que se llama “compartidos” que es el espacio donde el usuario coloca los documentos que desea compartir a los demás usuarios que forman el repositorio virtual. En el punto 3 es donde aparecen los documentos en el repositorio virtual, ya que el usuario seleccionó de sus documentos cuales desea compartir, estos aparecen listados en el repositorio.

El proceso de aportación de documentos al repositorio virtual se da de la siguiente manera: el usuario tiene en su carpeta de documentos locales todos los archivos y de ahí él selecciona los documentos que desea poner a disposición de los demás usuarios dentro del repositorio virtual. Con los documentos seleccionados se crea un archivo de documentos compartidos llamado “SharedFiles.txt”, el cual contiene los nombres de los archivos que el usuario decidió compartir y este archivo se envía al maestro para que los junte con los demás archivos enviados por los demás usuarios.

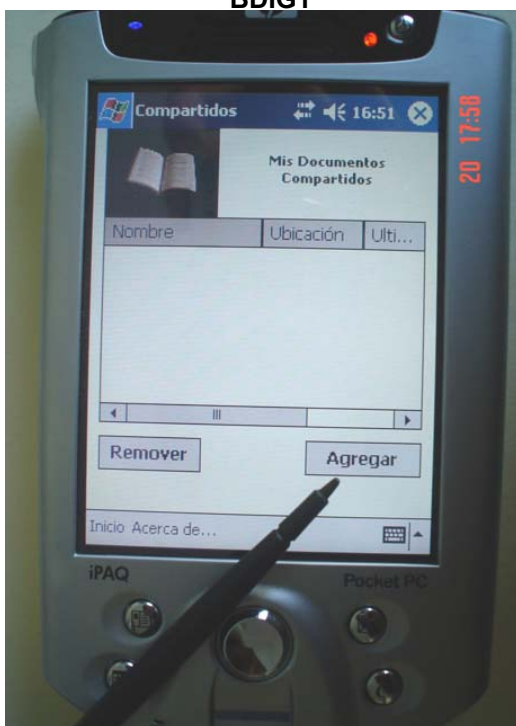
Para demostrar la funcionalidad, a continuación se muestra el ejemplo donde un usuario tiene en su lista de documentos locales, después él mismo selecciona el o los documentos que desea compartir y estos se copiarán en el espacio de “compartidos” para ponerlos a disposición de los demás usuarios.

“BDIG1”



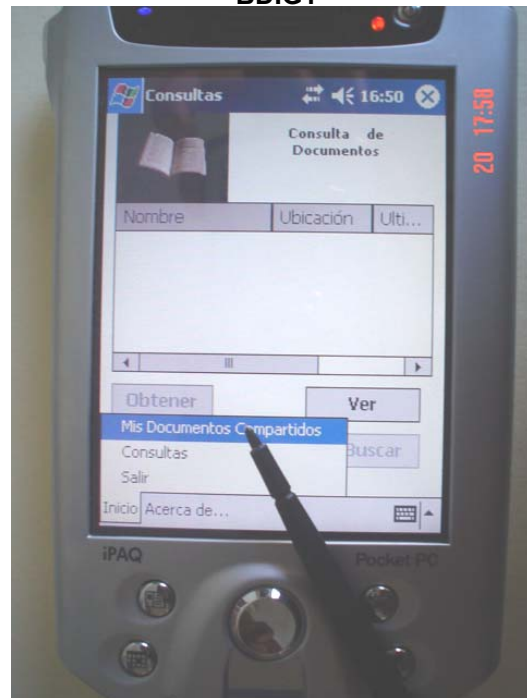
a)

“BDIG1”



c)

“BDIG1”



b)

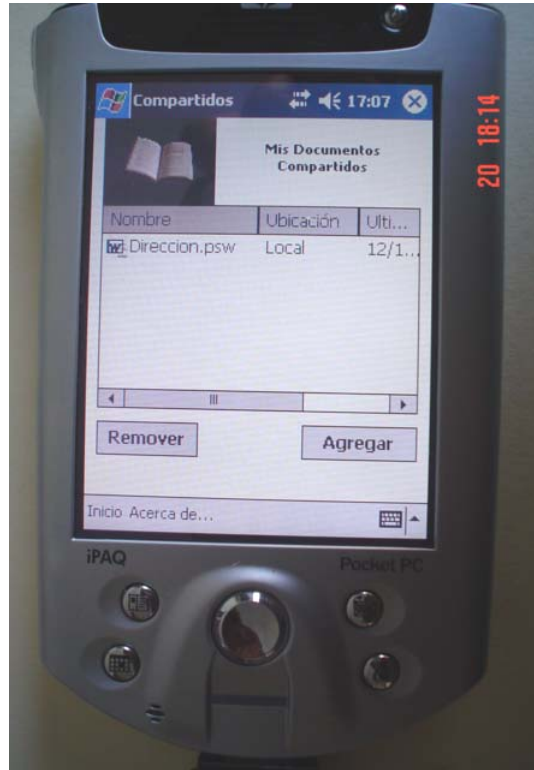
“BDIG1”



d)

Figura 4.4 Aportación de documentos

### “BDIG1”



e)

Figura 4.4 Aportación de documentos (continuación).

a).- Una vez que se ejecuta el proceso de “explorar dispositivos” se muestra en la pantalla el listado de documentos que se encuentren en el repositorio virtual.

b).- Para aportar un documento, el usuario selecciona la opción de “Mis Documentos Compartidos” dentro del menú de “inicio”.

c y d).- Se selecciona la opción de “agregar”, la cual muestra todos los archivos disponibles en el dispositivo, de los cuales el usuario puede seleccionar el que desee compartir y este se agrega al repositorio.

e).- Se muestra el contenido de la carpeta de “compartidos”, los cuales ya forman parte del repositorio.

Para remover un archivo, se selecciona el que se desea borrar y se oprime la opción de “remover”, lo cual lo elimina del repositorio, pero no del dispositivo local.



### 4.2.3 Consulta de Documentos

Con la contribución de los documentos por parte de los usuarios de la PicoNet al repositorio virtual, cada dispositivo tiene la lista de todos los documentos existentes en él con la información detallada de cada uno (ubicación física, tamaño y tipo de archivo y última fecha de modificación). Cada usuario puede elegir el archivo que desee de esta lista, visualizarlo u obtenerlo

En la figura 4.5 se muestra un esquema de dicha característica.

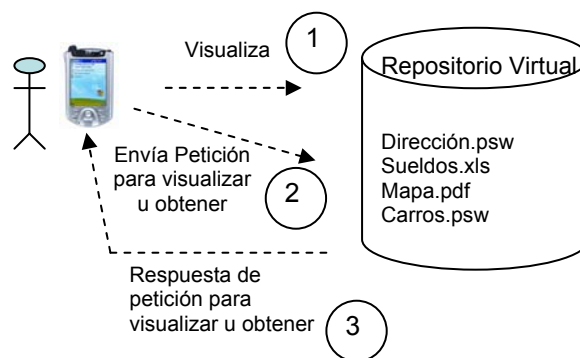


Figura 4.5 Esquema de Consultas de documentos.

En el punto 1, el usuario a través de su PDA, puede ver el listado de los documentos del repositorio, los cuales son los que él mismo aportó y los que son de otros dispositivos que forman parte del repositorio. Ahora bien, en el punto 2, el usuario puede seleccionar un archivo y tiene dos opciones, una es visualizarlo en modo de solo lectura y otra es obtener una copia del documento. Ambas peticiones se realizan mediante el envío de un archivo de petición que contiene el nombre del documento que se solicita y el identificador del dispositivo solicitante. En el punto 3, una vez que el dispositivo dueño recibe la petición, lee este archivo e identifica cual archivo y quien lo solicita.

Una vez que se lee el archivo de petición, se selecciona el archivo deseado de la carpeta de documentos compartidos y se envía al dispositivo que lo solicitó, en caso que haya sido para visualización, se envía una copia de solo lectura y si fue petición de obtención, se envía el archivo sin restricciones. El proceso termina cuando el usuario solicitante recibe el archivo que requiere.



Después que se ha recibido el archivo, este se abre con la aplicación correspondiente y el usuario podrá utilizar las herramientas propias de la aplicación requerida y realizar las operaciones disponibles para su archivo.

Para demostrar esta funcionalidad, se tiene el repositorio virtual con 3 documentos, 2 de manera local y uno que pertenece a otro dispositivo que forma parte del repositorio. En este punto de la aplicación, un usuario selecciona cualquier documento y tiene la posibilidad de obtenerlo.

La figura 4.6 demuestra esta funcionalidad desarrollada para el modelo propuesto.

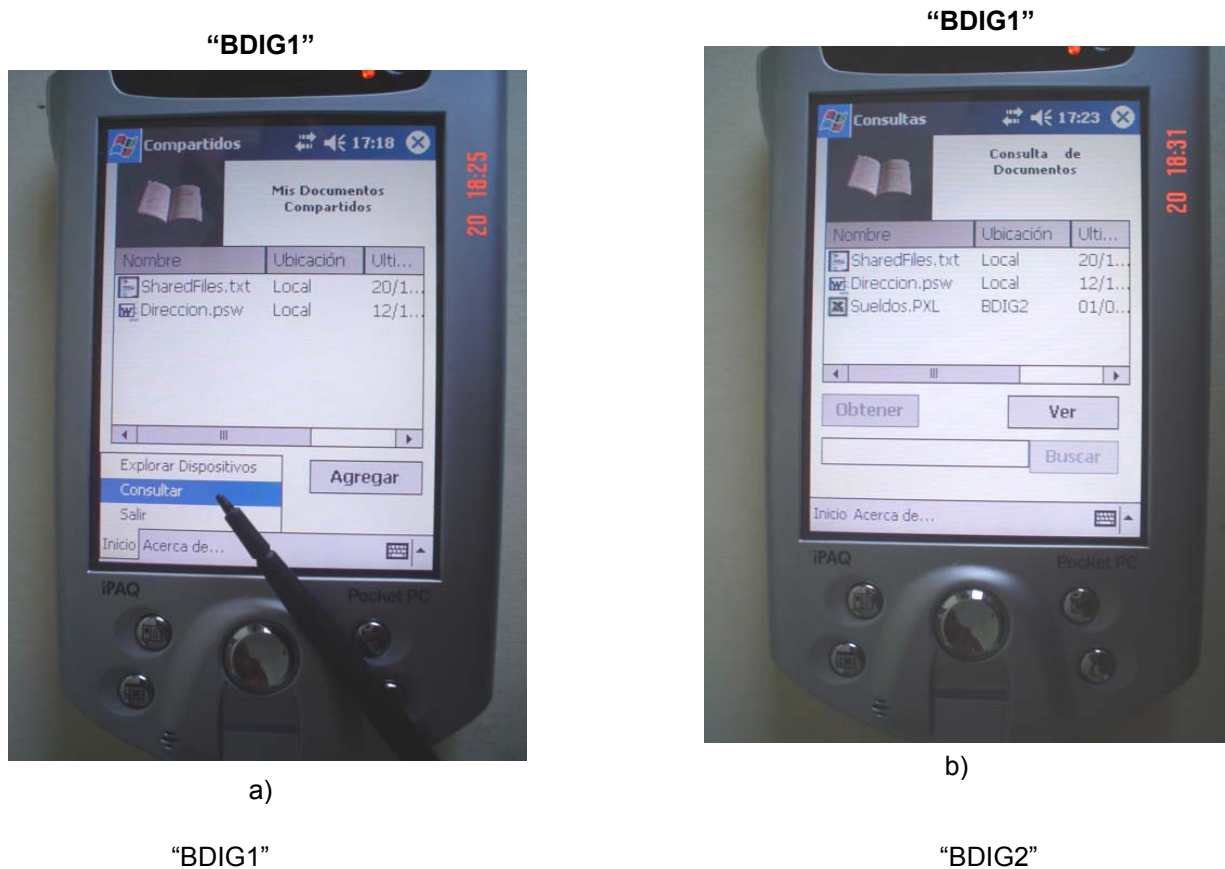
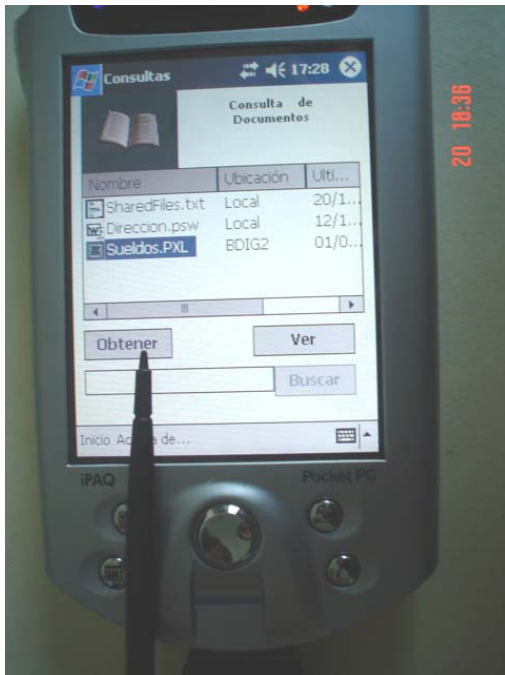


Figura 4.6. Consulta de documentos

"BDIG1"



c)

"BDIG1"



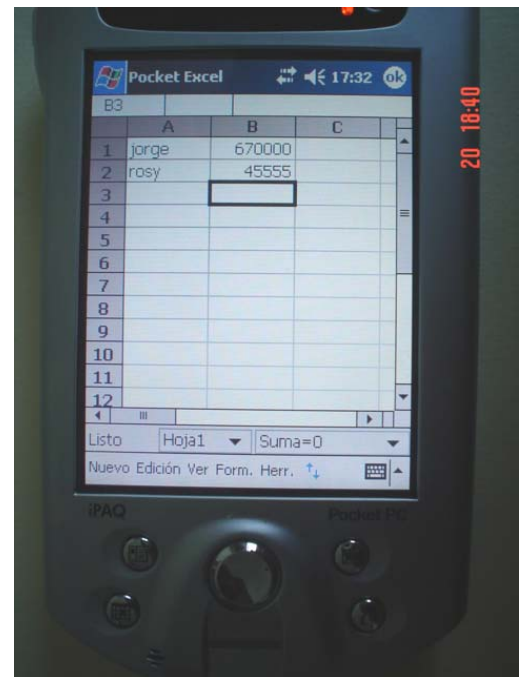
e)

"BDIG2"



d)

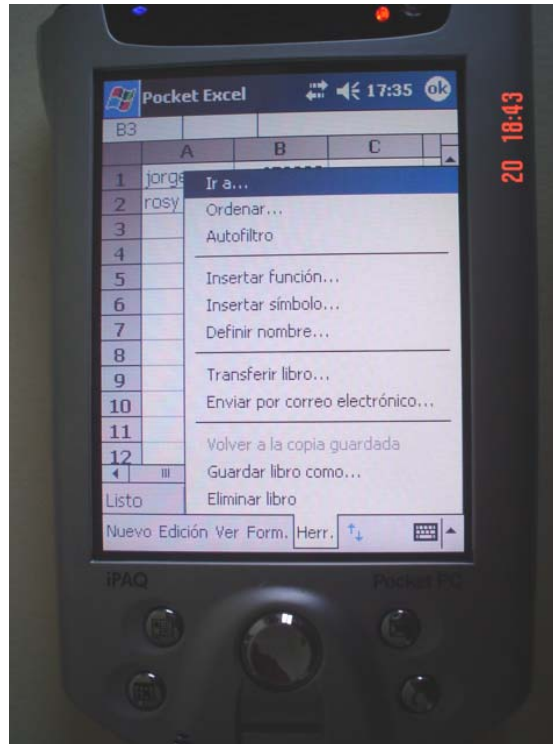
"BDIG1"



f)

Figura 4.6. Consulta de documentos (2)

“BDIG1”



g)

Figura 4.6 Consulta de Documentos (3)

a).- Una vez que cada usuario comparte los documentos que desea, se debe seleccionar la opción de “Consultas” en el menú principal y de esta manera se ve el listado completo de documentos del repositorio.

b).- Se muestra la pantalla con la información detallada de cada uno de los documentos del repositorio virtual (ubicación física, tamaño y tipo de archivo y última fecha de modificación), en donde por ejemplo, el “BDIG1” tiene dos documentos y el “BDIG2” tiene un documento llamado “Sueldos.PXL”.

c).- Para que un usuario pueda ver u obtener cualquier archivo que se encuentra en el repositorio, sin importar su ubicación física, debe seleccionarlo y elegir una de las dos opciones, ya sea “Ver” u “Obtener”.

d).- Al seleccionar el archivo que se encuentra físicamente en otro dispositivo, a “BDIG2” que es el dueño del archivo, le llega una solicitud que trae la información del archivo deseado, este archivo se llama “petición.txt”.

e y f).- Después que el usuario dueño del archivo (“BDIG2”) procesa la solicitud de envío de archivo, al dispositivo solicitante (“BDIG1”) le llega un mensaje de confirmación de recepción del archivo solicitado y enseguida el archivo se abre usando la aplicación requerida. La ubicación física predefinida del archivo recibido será la carpeta de “compartidos”.

g) El archivo recibido puede ser manipulado con las opciones comunes de los demás documentos al seleccionar la opción de herramientas en la aplicación ejecutada.

#### 4.2.4 Búsquedas específicas de documentos.

Dentro de la opción de consulta de documentos, existe la posibilidad de hacer búsquedas teniendo como parámetro la (s) palabra (s) deseada (s) contenidas en el título del documento requerido.

Esta función recorre línea por línea el listado de títulos de archivos que forman el repositorio y donde encuentra el título buscado, selecciona el o los archivos y lo (s) muestra en la pantalla de “resultados de la búsqueda” en la cual el usuario tiene las mismas opciones de consulta citadas en el punto anterior.

En la figura 4.7 se muestra un esquema de dicha funcionalidad.

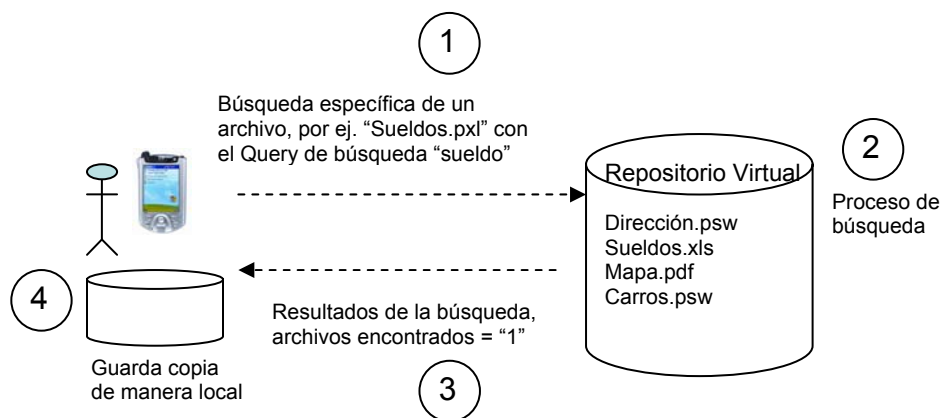


Figura 4.7 Esquema de búsqueda específica de documentos.

En el punto 1, el usuario “BDIG1” tiene el listado de documentos del repositorio virtual y una vez aquí, el usuario tiene la posibilidad de hacer búsquedas específicas sobre los títulos de los documentos, por ejemplo, para la figura anterior, el usuario busca el archivo “Sueldos.PXL” mediante un query de búsqueda “sueldo”. A continuación, en el punto 2 se realiza el proceso de búsqueda recorriendo línea por línea el repositorio virtual e identificando los nombres de archivos que contengan el título buscado.

En el punto 3, se lista en una pantalla de “resultados de búsqueda” el o los archivos que cumplen con el título buscado por el usuario y con este listado se podrán realizar las mismas acciones que tiene la funcionalidad de “consultas”, que son visualizar u obtener una copia. Para finalizar, en caso que el usuario desee una copia del archivo que seleccionó del listado de resultados, esta se guarda en “mis documentos” y ahora forma parte de los documentos generales del dispositivo que realiza la búsqueda.

A continuación, en la figura 4.8, se demuestra la funcionalidad de búsquedas específicas de documentos. Esta demostración se realiza usando 3 documentos, de los cuales uno está físicamente en otro dispositivo y este se determina como parámetro de búsqueda para obtener una copia de él.

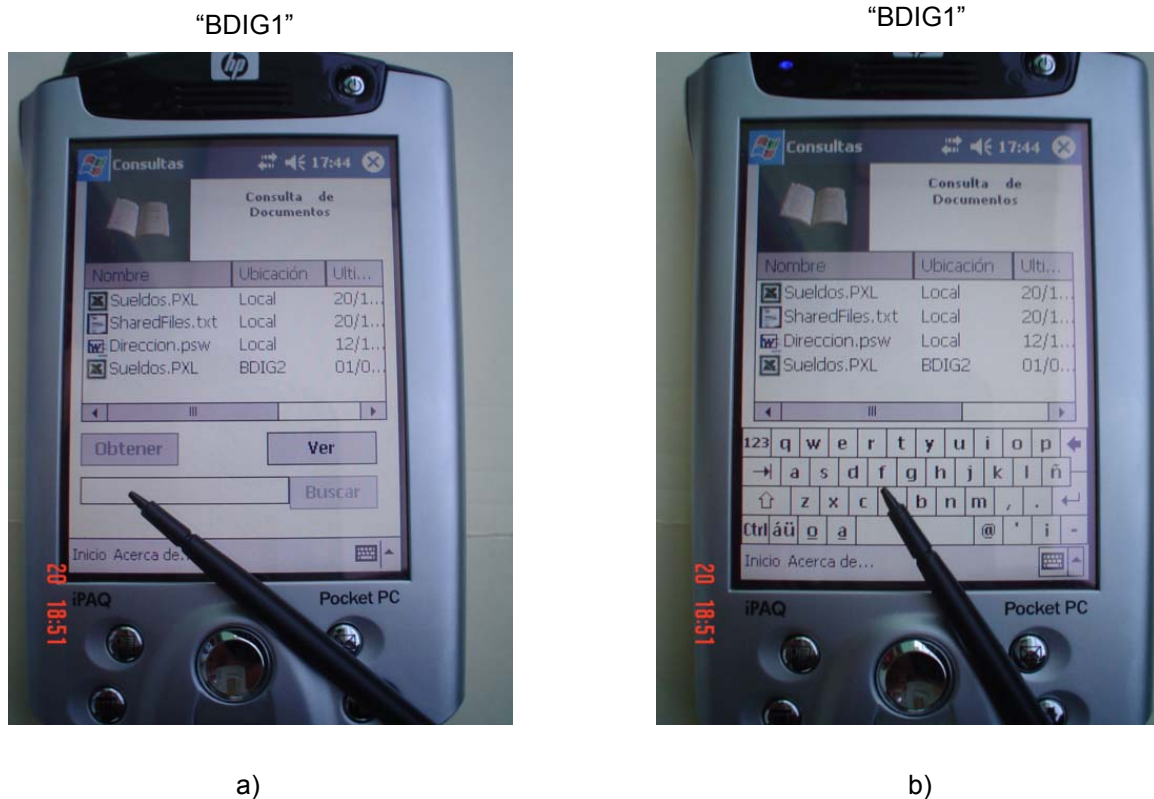
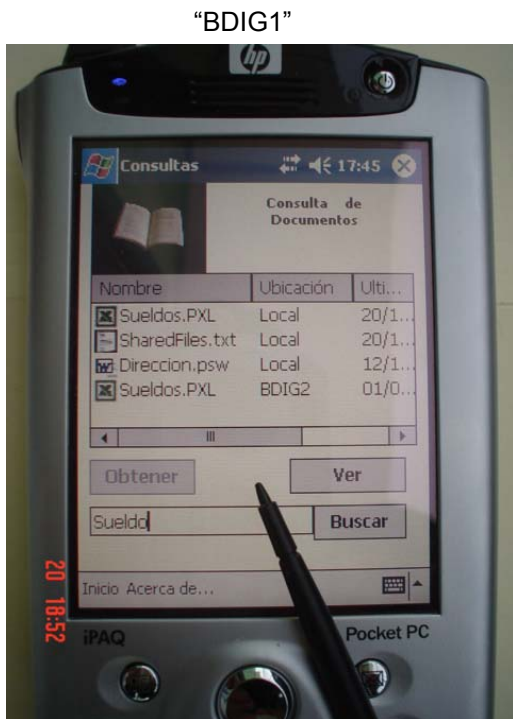
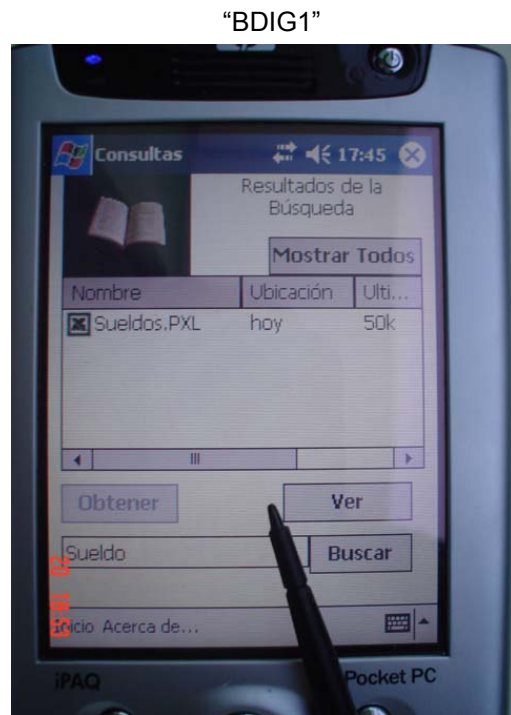


Figura 4.8 Búsquedas específicas de documentos



b)



d)

Figura 4.8 Búsqueda específica de documentos (2).

a y b).- Para realizar una búsqueda específica, se debe dar clic en el cuadro de texto junto al botón de "buscar", enseguida habilitar el teclado disponible en la esquina inferior derecha para escribir la palabra o palabras que se desean buscar.

c y d).- En esta pantalla se muestra el parámetro a buscar dentro del repositorio, así como también se visualiza el resultado de la búsqueda sobre los títulos de los documentos que contiene el repositorio.

En esta pantalla de resultados, se tiene la misma funcionalidad que se explica en el apartado 3.5.3 de "consultas".



### 4.3 Funcionamiento del modelo para más de 2 dispositivos.

Para el modelo propuesto en este trabajo de tesis, es importante mencionar que dadas las características de una red PicoNet, creada a través de la utilización de la tecnología Bluetooth, las funcionalidades mencionadas en este trabajo se pueden extender a más de 2 dispositivos, ya que una PicoNet se crea desde dos hasta ocho dispositivos.

En caso de tres o más dispositivos, tal como se muestra en la figura 4.9, el funcionamiento está dado por el envío del listado de nombres de documentos de cada dispositivo al dispositivo que juega el rol de maestro y este a su vez, junta todos los nombres de los documentos que fueron enviados por las demás PDA's, creando un solo archivo que contiene todos los nombres y las propiedades de cada documentos, tales como ubicación física, tamaño del archivo en bytes, última fecha de modificación y tipo de archivo. El archivo que es creado por el maestro es regresado a los usuarios del repositorio, de tal manera que todos los usuarios tienen el listado de todos los documentos existentes en el repositorio.

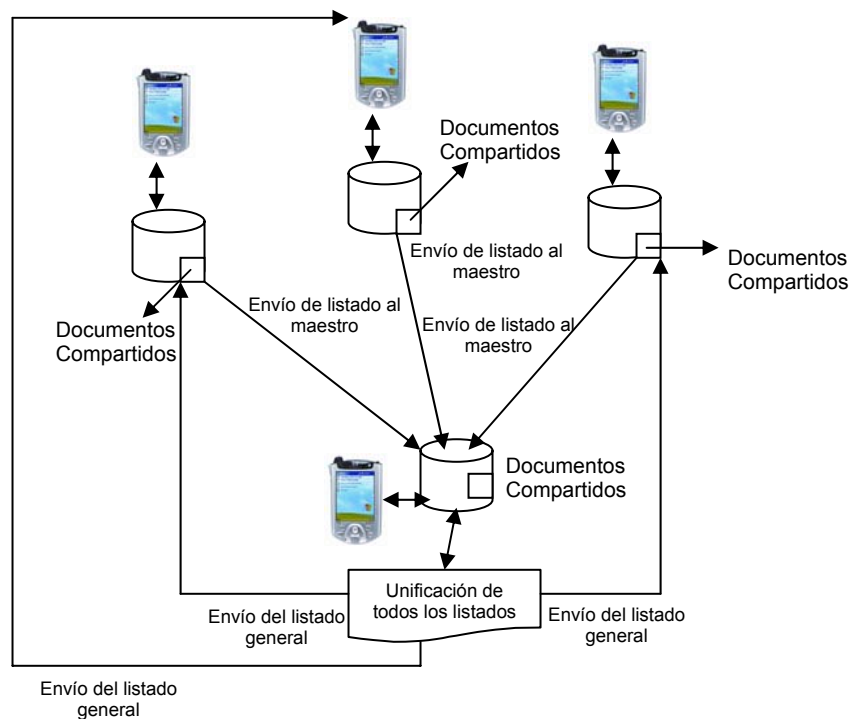


Figura 4.9 Envío de documentos en más de 3 dispositivos.

Cuando un usuario desea un archivo, crea una petición al maestro que contiene el nombre del archivo que desea y el identificador del dispositivo que tiene el documento deseado, a lo cual el maestro lee la petición y evalúa quien es el dueño del archivo, en caso de ser él, procesa la petición y envía de regreso el archivo, en caso contrario, reenvía a la PDA que dueña del archivo para procesar la respuesta y envío del documento solicitado, regresándolo al maestro y este a su vez lo envía al usuario que hizo la petición inicial. Este procedimiento se muestra en la figura 4.10:

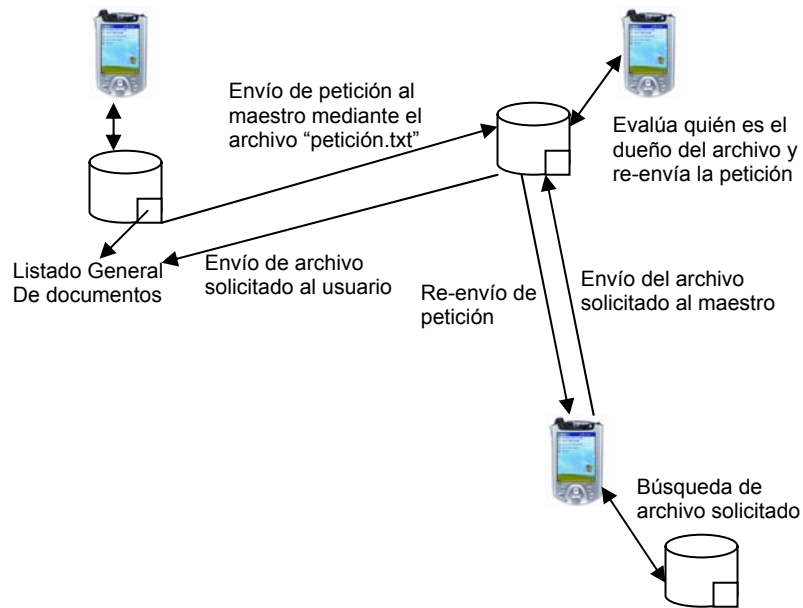


Figura 4.10 Petición de documento a un tercer usuario.

Así mismo, cuando un usuario agrega un documento a su conjunto de archivos compartidos, automáticamente se crea un archivo de actualización que contiene el nuevo listado de documentos y se envía al maestro y este lo reenvía a todos los dispositivos, estos a su vez, de manera transparente para el usuario, actualizan el listado de documentos en la pantalla de consultas y nuevamente aparecen las opciones de recuperación de documentos, dadas por las consultas generales o las búsquedas específicas.



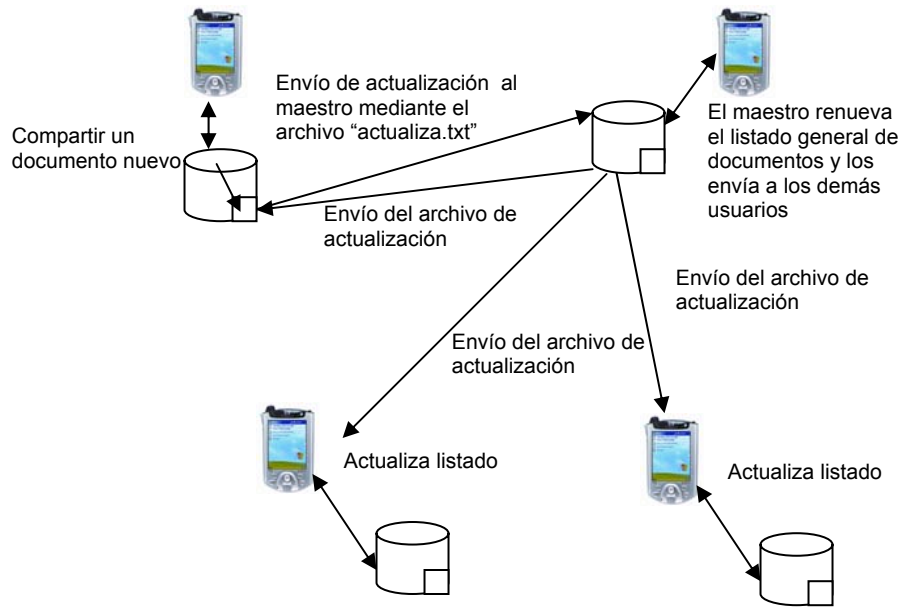


Figura 4.11 Actualización del repositorio por nuevos documentos.

Cabe mencionar que el procedimiento anterior aplica de igual manera para la eliminación de documentos del repositorio, sin embargo los usuarios solo pueden eliminar los documentos que hayan sido aportados por ellos mismos y al hacer esto, como se mencionó en el párrafo anterior, se crea un archivo de actualización y que contiene el nuevo listado de documentos, se envía al maestro y este lo reenvía a todos los dispositivos y de manera transparente actualizan el listado de documentos.

Un punto importante son las limitaciones que puede presentar este modelo, ya que para este trabajo de investigación solo se cubrieron algunos aspectos básicos, en la siguiente sección se detallan algunas limitaciones que tiene el modelo propuesto.

#### 4.4 Limitaciones del Modelo.

El modelo propuesto tiene ciertas limitaciones en la operación de las funcionalidades propuestas en la sección 3.5, dentro de las cuales se pueden mencionar:

- La cantidad de documentos existentes en cada dispositivo está dada por la capacidad de almacenamiento del PDA.
- Cuando el dispositivo que opera como maestro se desconecta, la estructura del repositorio se ve afectada, por lo que es necesario definir a un nuevo maestro e iniciar de nuevo la aplicación.
- De la misma manera, si un usuario que tenga el rol de esclavo se desconecta, a la hora que se requiera obtener un archivo de un dispositivo que ya no está en la lista se verá afectada la funcionalidad de la aplicación, por lo que al igual que cuando el maestro se pierde, se tendrá que reiniciar la aplicación.
- El manejo de la concurrencia para el modelo propuesto se considera una limitante ya que por ejemplo, cuando más de un dispositivo desea obtener el mismo documento, no existe en esta aplicación algún método que permita controlar las peticiones que surgen en cada PDA.
- La incorporación de un nuevo usuario al repositorio virtual durante la ejecución se considera una limitante dado que el proceso de búsqueda de dispositivos se realiza al inicio de la aplicación, por lo que para este modelo no es una operación posible.

Como se pudo observar en este capítulo, las funcionalidades que permite la creación del repositorio virtual, son algunas de las consideradas en una biblioteca digital, sin embargo, la aportación fundamental de este trabajo de tesis está dada en los aspectos de posibilitar la creación de un espacio virtual para la compartición de documentos, esto con la ayuda de la tecnología Bluetooth a través del uso de una PicoNet, que son redes ad-hoc sin infraestructura.

En el capítulo siguiente se muestran las conclusiones finales de este trabajo de tesis, así como las oportunidades de desarrollo en esta área de investigación, ya que la tecnología Bluetooth es una herramienta potencial que permite la realización de múltiples tareas, tal como se mencionó en la sección 2.4.3 a través de la creación de las redes ad-hoc.

## **Capítulo 5.- Conclusiones y trabajos futuros**

### **5.1 Conclusiones**

Gracias al crecimiento tecnológico en la actualidad es posible contar con dispositivos móviles que son capaces de comunicarse con otros sin la necesidad de contar con una infraestructura definida, de una manera rápida y eficiente. Este método de computación que está asociado con la libertad de movimiento de en los dispositivos y que no requieren de hardware adicional para lograr la conectividad, conocido como ambientes ad-hoc y son una tendencia que estará presente cada vez más en las actividades de la vida cotidiana a través del uso de dispositivos tales como PDA's, teléfonos celulares, Tablet PC, etc.

Esta facilidad de movimiento trae consigo retos tecnológicos relacionados en aspectos de comunicación entre los dispositivos que tienen la posibilidad de conectarse de manera rápida y segura con otros dispositivos, por lo que dichos retos son caso de estudio en algunos trabajos de investigación realizados en años anteriores.

Para resolver este tipo de retos, se han desarrollado trabajos en estas áreas que permiten un acercamiento mayor a una solución a los problemas de movilidad. Por ejemplo el trabajo realizado por el ITESM Campus Monterrey a través de PDLib [9] o también el que se desarrolló en Palo Alto California, UPLib [17]. Otro trabajo es que se ha desarrollado es "Peer to Peer Information Sharing in a Mobile Ad-Hoc Environment" [15]. A diferencia de los trabajos que se han desarrollado en diversas líneas de investigación, este trabajo de tesis se presentó un modelo de un repositorio virtual de documentos en un ambiente ad-hoc, donde se presentó una prueba de concepto de un espacio virtual común.

El modelo propuesto en este trabajo de tesis define la creación de un repositorio virtual de documentos en un ambiente ad-hoc, tomando como base la facilidad de crear una red sin infraestructura, conocida como PicoNet que permita la implementación de algunas funciones básicas de una biblioteca digital común.

Se consideró la Tecnología Bluetooth como medio de comunicación ya que se observa una tendencia a la incorporación de este tipo de tecnología en la mayoría de los dispositivos móviles y eso alienta al desarrollo de aplicaciones basadas en este tipo de tecnología. También porque es una especificación segura y abierta que permite que diversos usuarios móviles puedan interactuar en el intercambio de documentos con la característica principal de movilidad.

La principal contribución de este trabajo es que demostró mediante una prueba de concepto que es posible la creación de un repositorio virtual de documentos digitales en un ambiente ad-hoc para la implementación de algunas funcionalidades de una biblioteca digital, tales como la compartición de documentos y los servicios de recuperación de documentos dados por las consultas generales y las búsquedas específicas que se pueden realizar en base a los títulos de los documentos.

Otra aportación es que este modelo permite la implementación del repositorio en un rango desde dos hasta ocho dispositivos teniendo un espacio común para todos, aspecto que antes no sucedía ya que para compartir u obtener documentos la comunicación se realizaba punto a punto. Este modelo se probó para tres dispositivos que demuestran que es posible la creación del repositorio y la implementación de las funcionalidades descritas para este modelo.

## **5.2 Trabajos Futuros.**

Existen muchos aspectos que se pueden retomar de este trabajo como posibilidades de investigación posteriores, algunas de estas son:

- La incorporación de este modelo para más de ocho dispositivos a través del uso de arquitecturas conocidas como “scatternet”
- Agregar otras funciones de una biblioteca digital, tales como indexamientos, ordenamientos, obtención de palabras clave de los documentos, etc.
- Desarrollar formas de control de concurrencia para los accesos a documentos, ya que una de las limitaciones que se presentan en este modelo es que no se tiene un modulo definido específicamente para el control de la concurrencia en el acceso a documentos, solo se tiene contemplado las características propias de la PicoNet.
- Trabajos para incorporar módulos de seguridad para la compartición de documentos.
- Desarrollar funciones que permitan sea transparente para el funcionamiento de la aplicación cuando el maestro o algún usuario se desconecta, sin necesidad de reiniciar la aplicación.

- Aspectos de soporte a la desconexión en ambientes ad-hoc, ya que este es un punto importante a la hora de la ejecución de la aplicación, dado que un usuario puede estar copiando un archivo y la comunicación puede perderse, por lo que una oportunidad es el desarrollar métodos que permitan la identificación de paquetes de información enviada para no realizar trabajo de retransmisión de información que ya ha sido enviada y solo trabajar en la parte restante.
- Manejo de servicios por reconocimiento de voz en el repositorio virtual, ya que facilitaría la interacción con los dispositivos móviles para la obtención de los documentos existentes en el repositorio virtual.
- Métodos de control de acceso al repositorio tomando en cuenta el número de dispositivos actuales ya que dadas las condiciones de las redes ad-hoc, una estructura de una PicoNet solo permite hasta ocho dispositivos y surge la necesidad de controlar las acciones cuando son más de ocho.

## **Anexo 1. Documentación de la aplicación.**

En este trabajo de tesis se anexa un CD con la información necesaria para la ejecución del modelo propuesto.

El CD incluye los archivos de los *formularios o pantallas* que conforman la aplicación desarrollada en este trabajo de tesis, estas son:

1. Acerca.
2. Compartidos.
3. Aportar.
4. Consultas.
5. Explorar.
6. Salida.

Así mismo, se incluyen los códigos fuente de cada una de las pantallas, estos archivos son:

1. Acerca.cs
2. Compartidos.cs
3. Aportar.cs
4. Consultas.cs
5. Explorar.cs
6. Salida.cs
7. BTAccess.cs

De la misma manera se encuentra el archivo StackDemoNet, el cual es del tipo C# Device Project File, que permite la edición del proyecto. Para que éste pueda ser ejecutado, en el equipo de cómputo en cuestión requiere tener instalado Microsoft Visual Studio .NET 2003,

Otro requerimiento es que en cada PDA que se requiera ejecutar la aplicación, se deben copiar dos archivos .DLL, los cuales son: BTAccessNet.dll y BTAccess.dll, estos se pueden copiar en cualquier carpeta del PDA, los cuales permiten la apertura de la pila de protocolos de Bluetooth y de esta manera poder ejecutar la aplicación.

Para la ejecución de la aplicación, se deberá copiar en cada PDA, a través de la sincronización, el archivo ejecutable que se encuentra ubicado dentro de la carpeta principal del proyecto, ahí mismo existe otra carpeta llamada BIN, luego otra que se nombra DEBUG y ahí se encuentra el archivo .EXE con el cual se puede ejecutar la aplicación de este trabajo de tesis.

## Referencias Bibliográficas.

- [1] M. Satyanarayanan, "Pervasive Computing: Vision and Challenges". IEEE Personal Communications, Carnegie Mellon University, Agosto 2001.
- [2] George H. Forman and John Zahorjan. "The. Challenges of Mobile Computing", IEEE Personal Communications, pages 39-47. University of Washington, March 9, 1994.
- [3] S. A. Ahson, I. Mahgoub. "Research Issues In Mobile Computing". IEEE International Performance, Computing and Communications Conference, 1998.
- [4] Nathan J. Muller Tecnología Bluetooth. Mc Graw Hill, serie de telecomunicaciones. 2003.
- [5] Juan Francisco Redondo Antón, Ad hoc Networks – design and performance issues, Master's thesis, Helsinki University of Technology. Mayo 2002.
- [6] David A. Garza Salazar, Juan A. Nolazco F, and Marta Sordia S. PDLib: Infraestructura para Servicios de Bibliotecas Digitales en Ambientes Móviles. ITESM Campus Monterrey, 2003.
- [7] Abdelsalam A. Helal, Bert Haskell, Jeffery L. Carter, Brice, Woelk, Rusinkiewicz, Any Time, Anywhere Computing, Mobile Computing Concepts and Technology. Ed. Springer, 31 Oct 1999.
- [8] Adán Toribio Salinas Flores. Arquitectura de Múltiples Capas y Orientada a Servicios para el sistema Phronesis. Tesis de maestría, Maestría en Ciencias en Tecnología Informática, ITESM Campus Monterrey, May 2004.
- [9] Francisco Álvarez Cavazos and Juan Carlos Lavariega Jarquín. PDLib. A personal digital library system. Technical report, ITESM Monterrey Campus, 2004.
- [10] Roberto García Sánchez, Técnicas de Adaptación a la Conexión para Clientes Móviles que Accedan Servicios de Biblioteca Digital, Tesis de Maestría, Maestría en Ciencias en Tecnología Informática, ITESM Campus Monterrey, Dic. 2004.
- [11] Megowan Patrick J, Suvak W. David, IrDA Infrared Communications: An Overview. Counterpoint Systems Foundry, Inc. Available at: <http://www.web-ee.com/primers/files/irda.pdf>, last visited December 2005.

[12] Law Ching, Mehta K. Amar and Siu Kai-Yeung, A New Bluetooth Scatternet Formation Protocol, Massachusetts Institute of Technology, USA, 2003.

[13] Ryan Woodings, Derek Joos, Trevor Clifton, Charles D. Knutson, Rapid Heterogeneous Connection Establishment: Accelerating Bluetooth Inquiry Using IrDA, Department of Computer Science, Brigham Young University, pages: 342-349, Vol. 1, mar 2002; Available at:  
<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentCon.jsp?punumber=7793>.

[14] Charles E. Perkins, Ad Hoc Networking, Addison Wesley, USA, 2000

[15] Anna Hayes, David Wilson, "Peer-to-Peer Information Sharing in a Mobile Ad Hoc Environment," *wmcsa*, pp. 154-162, Sixth IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications (WMCSA'04), 2004. Available at:  
<http://doi.ieeeecomputersociety.org/10.1109/MCSA.2004.19>

[16] The gnutella protocol specification v4.0. Disponible en:  
<http://dss.clip2.com/GnutellaProtocol04.pdf>. Última fecha de visita: Diciembre 2005.

[17] William C. Janssen and Kris Popat, UpLib: A Universal Personal Digital Library System, Palo Alto Research Center. Palo Alto California, USA. Pages: 234-242. November 2003. Available at:  
<http://0-doi.acm.org.millennium.itesm.mx:80/10.1145/958220.958262>

[18] Rodrigo Ruíz Baca. Servicios de Bibliotecas Digitales a través de una Arquitectura punto a punto en dispositivos móviles. Tesis de Maestría, Maestría en Ciencias en Tecnología Informática, ITESM Monterrey Campus, Dic 2005.

[19] DSpace Federation. <http://www.dspace.org/>. Last visited: Abr 06

[20] Phronesis Biblioteca Digital, <http://copernico.mty.itesm.mx/phronesis/project/>  
Last Visited: Abr 06

[21] Greenstone digital library software, <http://www.greenstone.org/cgi-bin/library>.  
Last Visited: Abr 06