



Implementación de red inalámbrica comunitaria para Ciudad Bolívar

Implementation of a Community Wireless Network at Ciudad Bolívar

Luis F. Pedraza*

Carlos A. Gómez**

Octavio Salcedo P.***

Fecha de envío: noviembre del 2011

Fecha de recepción: noviembre del 2011

Fecha de aceptación: mayo de 2012

Resumen

Este documento expone el proceso llevado a cabo para la realización de la red inalámbrica comunitaria de la localidad Ciudad Bolívar (*Bolivarwireless*), que es una de las zonas con mayores índices de pobreza en Bogotá-Colombia. Aquí se expone la manera en que la investigación condujo al diseño e implementación de los nodos de la red inalámbrica comunitaria, basados en topología mesh y varias aplicaciones de tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) que son actualmente usadas por la comunidad, beneficiada con la cobertura de los nodos de la red inalámbrica en la localidad. Luego, se evalúan los nodos implementados y finalmente se presenta las conclusiones y recomendaciones.

Palabras clave:

Tecnologías de la información y las comunicaciones, red inalámbrica comunitaria, topología mesh.

Abstract

This paper illustrates the process of fully deploying a wireless network for the local community at Ciudad Bolívar (*Bolivarwireless*), an outer-city area with the highest poverty levels in Bogotá (Colombia). This paper shows implementation procedures and design stages for the nodes of the communi-

ty wireless network. A mesh-based network topology and various ICT applications are employed. These applications are currently being used by the local community due to the service coverage now provided by the community wireless nodes. The performance of the nodes is evaluated and recommendations are provided. Conclusions are drawn in the final part of the paper.

Key words:

information and communications technology, community wireless network, mesh topology.

* PhD(c) en Telecomunicaciones, Universidad Nacional de Colombia. Docente de planta de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Correo: lfpedrazam@udistrital.edu.co

** Ingeniero en Telecomunicaciones. Ingeniero consultor, Urbalink Colombia. Correo: andres.gomez.ruiz@gmail.com

***Ingeniero de Sistemas y MSc., en Teleinformática. Docente de planta de la Universidad Distrital. Correo: osalcedo@udistrital.edu.co

1. Introducción

Hoy en día y a lo largo de las últimas cinco décadas, el surgimiento constante de nuevas y mejores tecnologías ha comenzado a cambiar la percepción de la humanidad acerca del espacio geográfico, tanto social, como económico, y ha impulsado la redefinición de sus propias prioridades. Prueba de ello es que el mundo se encuentra conectado globalmente y es un hecho irrefutable que todas las iniciativas, ideas o innovaciones de cualquier índole lleguen a converger al camino de la interconectividad.

El uso de las TIC ya no es una curiosidad tecnológica, sino una herramienta esencial para el desarrollo de un país. Esto está fundamentado en un estudio de las Naciones Unidas en el que se muestra la existencia de una clara correlación entre la cantidad de usuarios que acceden a las TIC y la tasa de pobreza de los países [1], de donde se deduce que la coexistencia de la pobreza generalizada y la desigualdad en el acceso a las TIC se constituyen en la mayor amenaza contra el desarrollo, la prosperidad y la estabilidad económica y social de un país. De acuerdo con lo anterior, es de vital importancia tener instalada una infraestructura de comunicaciones para que las personas se puedan interconectar con aplicaciones TIC, de manera que puedan contrarrestar algunas de sus necesidades.

Debido a que el futuro (inmediato) es inalámbrico, las soluciones inalámbricas se convierten en una alternativa para democratizar el acceso a los servicios de comunicación, lo cual reduce fronteras y ofrece diversidad, calidad y costo accesible a los usuarios. Por tanto, las Redes Inalámbricas Mesh (WMN) se presentan como una de las tecnologías clave que dominarán las redes inalámbricas en la próxima década [2]. Esto ayudará a hacer realidad el sueño de larga duración de una conexión en

cualquier lugar, en cualquier momento con simplicidad y bajo costo. Como consecuencia tendrán un papel importante dentro de la próxima generación de Internet. Su capacidad para la autoorganización reduce significativamente la complejidad de la implementación y el mantenimiento de las redes y, por lo tanto, requiere una inversión inicial mínima [3], lo cual es de vital importancia para comunidades de bajos recursos económicos como Ciudad Bolívar.

La moderna reglamentación del uso de bandas libres como 2,4 GHz y tecnologías como las WMN que usan estas bandas hacen posible pensar que se pueda crear un vehículo de investigación, de expresión, de información, en general, de utilidad pública que sea un activo de usuarios, universidades, grupos de investigación, sistemas de socorro, sistema de información, etc., que permita el desarrollo de contenidos, de sistemas de comunicación personal y de la construcción de una sociedad de la información.

2. Trabajos realizados

A continuación se presentan algunos proyectos de redes inalámbricas comunitarias, que muestran su viabilidad para ser sostenibles a largo tiempo y adaptables a las condiciones específicas de cada entorno, con lo cual cubren necesidades como: la educación, la seguridad, la salud, el desarrollo social, el desarrollo económico y cultural, entre otros.

Abdelaal y Ali [4] describen el desarrollo de una red comunitaria en Nepal, cuya finalidad es la expansión de la red WiFi en zonas aisladas y de difícil acceso. En el 2008 se disponía de conexiones a Internet en centros comunitarios, escuelas y clínicas de 42 aldeas. Entre los servicios prestados en esta red a la comunidad se destacan: acceso a Internet, correo

electrónico, servicio telefónico, cibereducación, telemedicina, transferencia de dinero, entre otros.

En Ishmael; Bury; Dimitrios y Race [5] se muestra el desarrollo de la Red Inalámbrica Comunitaria en Wray, Inglaterra. Aquí la Universidad de Lancaster y miembros de la comunidad iniciaron la implementación de una WMN en todo el pueblo. Este proyecto permitió a los aldeanos el acceso de banda ancha por primera vez y dio a los investigadores de la universidad la posibilidad de analizar los procesos y desafíos técnicos asociados al despliegue y operación de una red real tipo mesh.

La Red Inalámbrica Mesh de la comunidad de Dharamsala nació en febrero del 2005, después de la regulación de WiFi en la India. Varias jornadas de pruebas demostraron que para esta región montañosa lo más apropiado era una red con topología mesh, ya que las redes convencionales punto a multipunto no podían superar las limitaciones de línea de vista que presentan debido a las montañas, tal y como ocurre en la localidad de Ciudad Bolívar. También en Chile existe una organización conocida como chilesincables.org, la cual busca promover y organizar redes inalámbricas libres en Chile, a través del uso de tecnología libre y de código abierto [6].

La Athens Wireless Metropolitan Network (AWMN) es también basada en topología mesh. Actualmente, posee más de 2000 nodos y se prestan servicios como voz sobre IP, video *streaming*, juegos y sitios web [7].

3. Red inalámbrica comunitaria de Ciudad Bolívar

A continuación se presentan los factores tenidos en cuenta para el diseño e implementa-

ción de la red inalámbrica comunitaria, como lo son: el cálculo de la cobertura de Bolívar Wireless, la estructura de cada nodo inalámbrico, el sitio web creado, las aplicaciones desarrolladas y la capacitación de la comunidad para el uso apropiado de la red.

3.1 Diseño de la red inalámbrica comunitaria

Para calcular la cobertura de los enlaces de subida y de bajada de cada nodo se usa la siguiente ecuación:

$$P_{rx}|_{dBm} = P_{tx}|_{dBm} + G_t|_{dBi} - L_p|_{dB} - MD|_{dB} \quad (1)$$

Donde:

P_{rx} = Potencia de recepción.

P_{tx} = Potencia de transmisión.

G_t = Ganancia total del enlace.

L_p = Pérdida total del enlace.

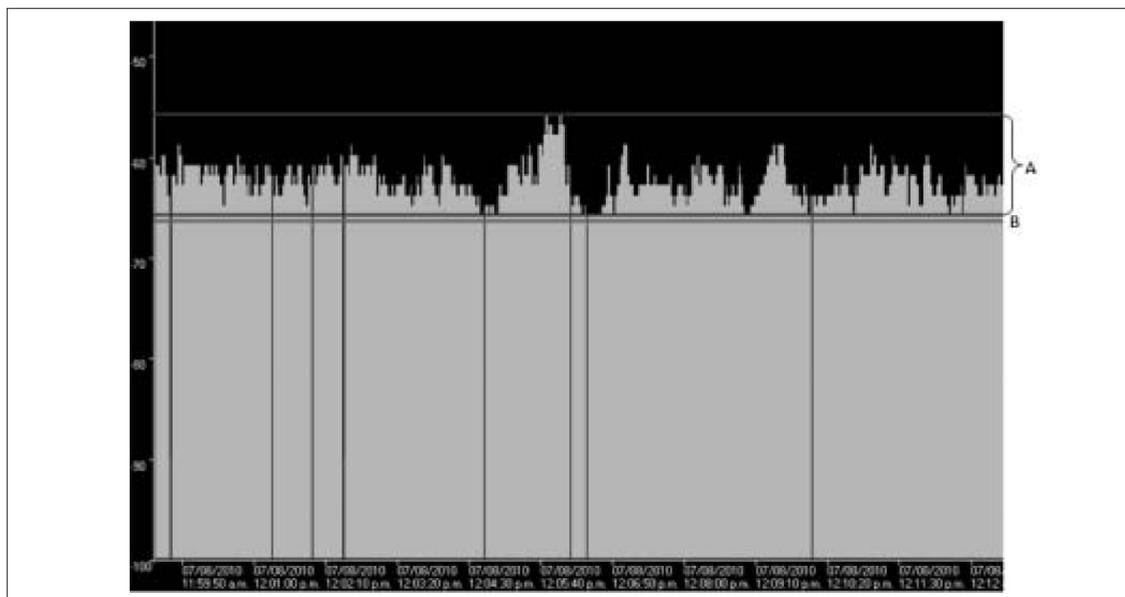
MD = Margen de diseño.

Para el hallazgo del margen de diseño en el enlace entre *router* y cliente, se tuvo en cuenta el análisis de la potencia de recepción en diferentes puntos de la red, como se muestra en la figura 1.

En la anterior, la línea marcada con la letra B indica el nivel de sensibilidad del receptor. Las líneas marcadas con la letra A denotan el intervalo de variación en la potencia de recepción, de donde se puede obtener el MD para garantizar una mayor disponibilidad del enlace:

$$MD = P_{rx(max)} - P_{rx(min)} \quad (2)$$

La P_{tx} corresponde a la del *router* usado para el enlace de bajada y a la del adaptador inalámbrico o tarjeta inalámbrica para el enlace de subida. La G_t está dada por la suma de la ganancia de las antenas usadas, que corresponde a la antena omnidireccional del *router*

Figura 1. Variación de potencia de recepción en un punto de la red inalámbrica

Fuente: elaboración propia.

y a la “antena casera” conectada a la tarjeta o al adaptador inalámbrico del computador del usuario. La L_p se determina teniendo en cuenta las sumas de las siguientes pérdidas, en los puntos de mayor cobertura en el enlace, que oscilan entre 300 m a 600 m, dependiendo de los obstáculos que se presenten entre el transmisor y receptor:

L_c = Pérdidas por conectores (0,2 dB por cada conector dado por el fabricante).

L_g = Pérdida por cable pigtail (0,6 dB por metro dado por el fabricante).

L_{pd} = Pérdida por protector de descargas (0.2 dB dado por el fabricante).

L_o = Pérdidas de propagación debida al entorno.

El hallazgo de L_o , depende de las condiciones del terreno donde se desempeña el nodo inalámbrico. Las condiciones montañosas de la

localidad conllevan a que se use el modelo de propagación Xia-Bertoni [8], cuando entre el cliente y el *router* no hay línea de vista (NLOS) y el modelo de pérdidas por espacio libre [9], cuando se cuenta en condiciones de línea de vista (LOS) entre el transmisor y el receptor.

En la tabla 1, se relaciona la potencia de recepción promedio mínima que se garantiza dentro de la máxima cobertura en cada nodo, que se encuentra a partir de las ecuaciones (1) y (2) teniendo en cuenta que la potencia de recepción promedio debe estar por encima de la sensibilidad del *router* utilizado, que es de -97 dBm a la velocidad más baja de conexión (1 Mbps).

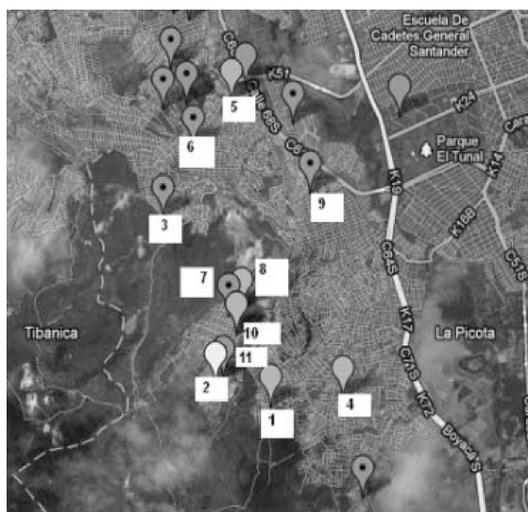
Por otra parte, es fundamental hallar la primera zona de Fresnel para calcular la altura del mástil del *router* y de la antena casera, ya que al liberar de obstáculos esta zona se garantiza la correcta propagación de las señales y con esto se puede disponer de una conexión adecuada.

Tabla 1. Potencia de recepción promedio mínima para cada nodo

No. nodo	Nombre del nodo	P _{Rx} min (dBm)
1	Los Alpes	-60,21
2	Barrio Bella Flor	-64,47
3	Ispa Potosí	-76,59
4	Barrio La Estrella	-73,12
5	Jerusalén Canteras	-61,34
6	Ispa Jerusalén	-74,89
7	Fundación Bella Flor	-65,09
8	Taller de Mis Sueños	-60,13
9	Arborizadora Baja	-72,65
10	Paraíso Mirador sede A	-57,26
11	Paraíso Mirador sede B	-70,67

Fuente: elaboración propia.

En la figura 2 se muestra la ubicación de los once nodos descritos en la tabla 1, que en su mayoría usan las instalaciones de los colegios públicos de la localidad de Ciudad Bolívar.

Figura 2. Nodos de la red inalámbrica comunitaria de Ciudad Bolívar


Fuente: elaboración propia.

3.2 Dimensionamiento de Tráfico de los nodos inalámbricos

Con relación a la capacidad del enlace se calcula el número de usuarios que soporta el nodo inalámbrico comunitario, de la siguiente forma:

$$No\ de\ Usuarios = \frac{Velocidad\ de\ conexión}{Velocidad\ usada\ por\ la\ aplicación} \quad (3)$$

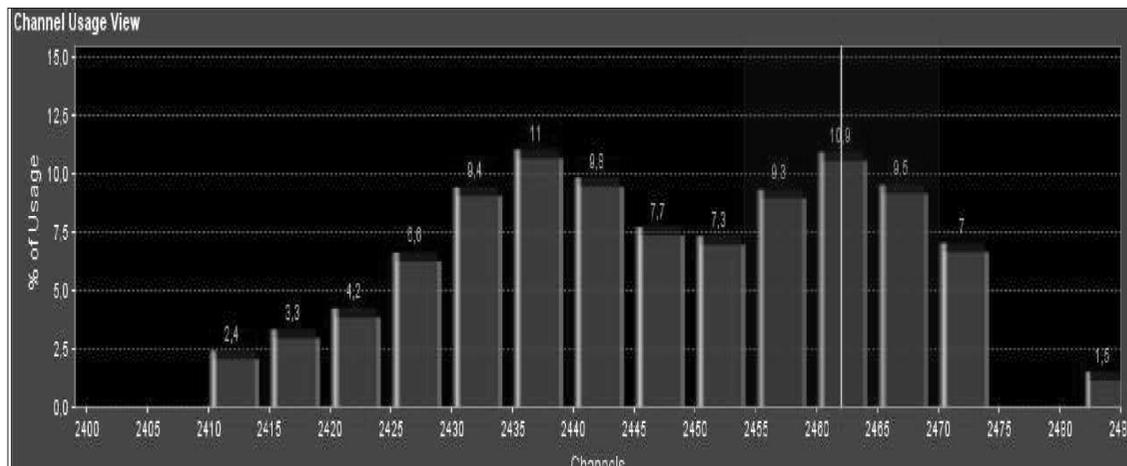
En la tabla 2 se muestra el número máximo de usuarios que se podría tener en cada nodo en el peor de los casos, que es cuando los usuarios se encuentran en el punto de cobertura máximo del nodo; aquí la velocidad de conexión es de 1 Mbps. Además, teniendo en cuenta que las aplicaciones web instaladas en cada nodo necesitan velocidades alrededor de los 100 Kbps, se usa la ecuación (3), y se obtiene la cantidad de usuarios que aproximadamente se pueden soportar en cada nodo según sus aplicaciones web:

Tabla 2. Número máximo de usuarios promedio en cada nodo en condiciones deficientes de conexión

No. nodo	Nombre del nodo	No. aprox. de usuarios
1	Los Alpes	13
2	Barrio Bella Flor	9
3	Ispa Potosí	11
4	Barrio La Estrella	10
5	Jerusalén Canteras	13
6	Ispa Jerusalén	12
7	Fundación Bella Flor	10
8	Taller de Mis Sueños	11
9	Arborizadora Baja	13
10	Paraíso Mirador sede A	13
11	Paraíso Mirador sede B	9

Fuente: elaboración propia.

Figura 3. Medición de canales en 2,4 GHz con analizador de espectro para los nodos de la red inalámbrica



Fuente: elaboración propia.

3.3 Análisis de interferencias en los canales de la red

Para escoger el canal en 2,4 GHz, que es usado en los *routers* de los nodos inalámbricos, se realizan mediciones de interferencia y de ocupación del canal alrededor de las zonas de cobertura de los nodos. En la figura 3 se muestra una de las 55 medidas realizadas y en la tabla 3 se promedia el porcentaje de ocupación obtenido para cada uno de los 14 canales en la zona de los 11 nodos, lo que permitió seleccionar el canal 1 como el menos ocupado. También es posible observar que los canales 2 y 3, los cuales se alcanzan a traslapar con el canal 1, también presentan bajos porcentajes de ocupación. Esto permite mejorar la estabilidad en el acceso de los usuarios a la red comunitaria y por ende las velocidades de transferencia que estos usan.

3.4 Nodos Implementados para la Red inalámbrica Comunitaria de Ciudad Bolívar

En la figura 4 se presenta la interconexión propuesta para el desarrollo de la red inalám-

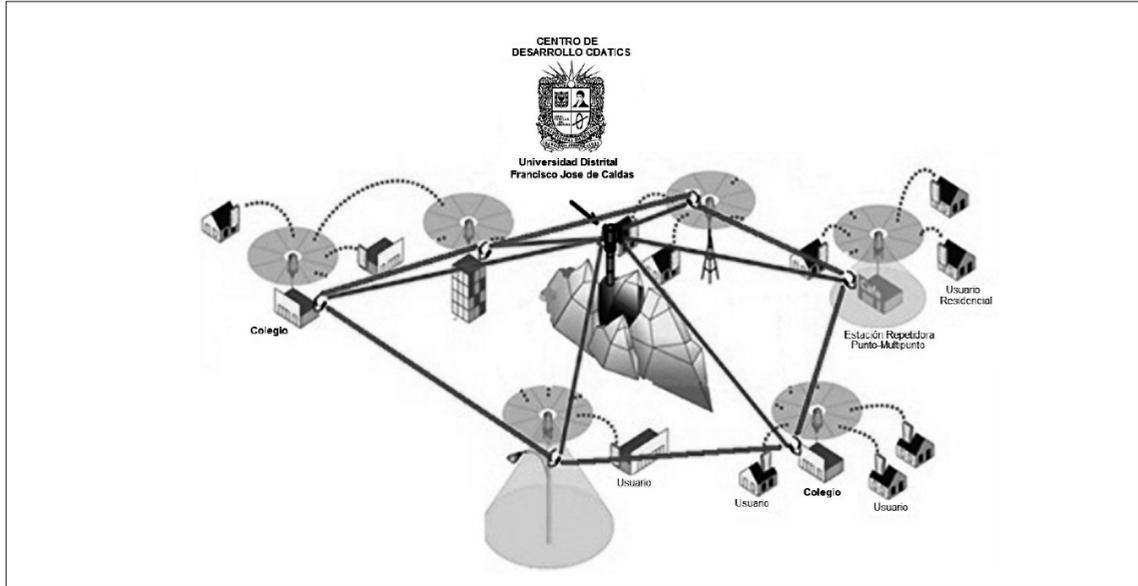
brica comunitaria en Ciudad Bolívar, la cual considera en un futuro cercano estar conectada con el Centro de Desarrollo de Aplicacio-

Tabla 3. Porcentaje promedio de ocupación de los canales en 2,4 GHz para los nodos de la red inalámbrica comunitaria de Ciudad Bolívar

Canal	Porcentaje promedio de ocupación
1	4,2 %
2	5,6 %
3	7,9 %
4	14,2 %
5	17,4 %
6	23,7 %
7	21,1 %
8	13 %
9	14,5 %
10	15,4 %
11	21,7 %
12	17,3 %
13	12,4 %
14	4,8 %

Fuente: elaboración propia

Figura 4. Propuesta de interconexión de los nodos de la red inalámbrica comunitaria de Ciudad Bolívar



Fuente: elaboración propia.

nes TIC (CDATICS), ubicado en la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital.

En la figura 5 se muestra uno de los nodos que se implementó para dar cobertura a la comunidad de Ciudad Bolívar, a través de la Bolívar Wireless. Los componentes que se usaron para la implementación externa de dichos nodos inalámbricos básicamente consisten en:

- Access point, marca Nanostation 2.
- Antena omnidireccional de 15 dBi de ganancia.
- Protector contra descargas eléctricas.
- Cable pigtail para conectar el access point y la antena omnidireccional.
- Mástil.

Para facilitar el acceso a los nodos de la red se desarrolló e instaló un portal cautivo; en

Figura 5. Nodo implementado para la red Bolívar Wireless



Fuente: elaboración propia.

el firmware de los nodos fue instalado el protocolo de enrutamiento B.A.T.M.A.N [10], desarrollado en colaboración con el grupo Lugro-Mesh, de Rosario, Argentina.

3.5 Evaluación de los nodos de la red inalámbrica comunitaria de Ciudad Bolívar

Los nodos inalámbricos de la red comunitaria de Ciudad Bolívar fueron evaluados con respecto a su cobertura, teniendo en cuenta la potencia de recepción y la velocidad de transferencia. Se realizaron aproximadamente cinco mediciones a diferentes distancias.

Luego de esto y de promediar cinco muestras de la potencia recibida en cada punto para cada nodo, se obtienen los resultados mostrados en la tabla 4.

Los niveles de potencia recibidos de la tabla 4 son adecuados para enlaces en exteriores. Con el fin de garantizar una adecuada cobertura de la red dentro de los hogares de los usuarios, muchas veces es necesario el uso de una antena casera, como la mostrada en la siguiente figura.

Figura 6. Antena casera desarrollada para Bolívar Wireless



Fuente: elaboración propia.

Tabla 4. Potencia de recepción promedio para cada nodo

No. nodo	Nombre	P_{Rx} a 100 m (dBm)	P_{Rx} a 200 m (dBm)	P_{Rx} a 300 m (dBm)	P_{Rx} a 350 m (dBm)	P_{Rx} a 400 m (dBm)
1	Los Alpes	-42	-55	-63	-83	-90
2	Barrio Bella Flor	-47	-60	-65	-78	-85
3	Ispa Potosí	-40	-54	-67	-81	-92
4	Barrio La Estrella	-50	-51	-72	-74	-80
5	Jerusalén Canteras	-43	-54	-53	-65	-78
6	Ispa Jerusalén	-50	-48	-70	-77	-84
7	Fundación Bella Flor	-41	-50	-68	-73	-92
8	Taller de Mis Sueños	-46	-57	-64	-69	-85
9	Arborizadora Baja	-42	-48	-77	-83	-95
10	Paraíso Mirador sede A	-44	-53	-79	-74	-91
11	Paraíso Mirador sede B	-41	-49	-57	-75	-78

Fuente: elaboración propia.

Tabla 5. Velocidad de descarga promedio en los nodos para diferentes distancias

No. nodo	Nombre	Velocidad a 100 m (Kbps)	Velocidad a 200 m (Kbps)	Velocidad a 300 m (Kbps)	Velocidad a 350 m (Kbps)	Velocidad a 400 m (Kbps)
1	Los Alpes	268	134	89	30	12
2	Barrio Bella Flor	180	176	83	41	23
3	Ispa Potosí	114	89	57	35	2
4	Barrio La Estrella	236	185	139	92	45
5	Jerusalén Canteras	156	73	71	34	8
6	Ispa Jerusalén	169	123	78	56	12
7	Fundación Bella Flor	111	86	62	33	15
8	Taller de Mis Sueños	291	213	181	123	100
9	Arborizadora Baja	189	134	79	68	5
10	Paraíso Mirador sede A	213	146	130	142	66
11	Paraíso Mirador sede B	215	131	77	64	13

Fuente: elaboración propia.

Los datos de velocidad de descarga en cada punto se presentan en la tabla 5, en la cual se observa que la velocidad de descarga oscila entre 2 y 291 Kbps y si se compara con la tabla 4 generalmente en los puntos de mayor potencia de recepción se tienen mayores velocidades de descarga, gracias al esquema de modulación adaptativa.

3.6 Aplicaciones desarrolladas e implementadas en la red

A partir del análisis de encuestas desarrolladas [11] y de las necesidades identificadas en la comunidad que se encuentra alrededor de cada uno de los nodos de la red, se desarrollaron diferentes aplicaciones que son utilizadas por los habitantes que cuentan con acceso a la red. Entre los servicios web implementados bajo *software* libre, en la red inalámbrica comunitaria se destacan: la enciclopedia Wikipedia, el chat, la emisora

virtual, la plataforma de *marketing* electrónico [12], juegos, *blogs*, cursos de contabilidad e informática, entre otros. En la figura 7 se presentan algunas aplicaciones. En cada nodo implementado se ha realizado la capacitación a la comunidad para el correcto y buen uso de la red inalámbrica. En el marco de estas capacitaciones se instruyó a la comunidad en la forma adecuada y eficiente de utilizar las aplicaciones ofrecidas en los nodos de la red inalámbrica, a través de servicios como el chat, la emisora virtual, los foros, Wikipedia, *e-learning* y demás servicios que brinda la plataforma; esto con el fin de que los usuarios de la red obtengan el máximo provecho con el adecuado uso de los aplicativos, donde existen alternativas de entretenimiento y educación que permita mejorar la calidad de vida de cada persona; de esta manera, se logra acercar las tecnologías de la información a esta zona de la ciudad que presenta una alta tasa de analfabetismo tecnológico [13].

Figura 7. Aplicaciones desarrolladas para Bolivar Wireless.

- a) Chat, b) Juegos, c) Zona de descargas,
d) Wikipedia, e) Emisora virtual, f) Plataforma de marketing electrónico



Fuente: elaboración propia.

En el sitio web¹ se encuentra la información de la red Bolívar Wireless y se explica la forma de participar en ella.

4. Conclusiones

- Se desarrolló de manera exitosa una red inalámbrica libre en la localidad de Ciudad Bolívar, la cual facilitó el acceso a la información de los habitantes y prestó servicios que permiten mejorar el acceso a la información a la sociedad en este sector, a través de aplicaciones TIC. A su vez, se logró promover la conectividad inalámbrica en la localidad de Ciudad Bolívar al servicio de la comunidad, trabajando con organizaciones públicas y sin ánimo de lucro.
- Se creó un sitio en la web donde se informa el estado de la red y la forma de participar en ella, y se realizan foros sobre la misma, para ofrecer así un punto de encuentro para todos los usuarios e interesados en el desarrollo de la red. También se promocionaron e implementaron aplicaciones que sirven para la investigación, la comunicación y el entretenimiento de la comunidad.
- Las antenas caseras ubicadas en los sitios de los usuarios de la red inalámbrica comunitaria permitieron aumentar la cobertura de la red hasta en un 40 %.
- Es necesario que una entidad como la Universidad Distrital, sin ánimo de lucro, siga liderando este tipo de iniciativas sociales que permitan seguir masificando el acceso a la red a lo largo de la localidad, pues los nodos implementados durante este proyecto son un punto de partida y ejemplo, para ayudar a disminuir la brecha digital en esta localidad.

¹ Disponible en <http://ricb.org/>

Reconocimientos

A la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, que a través del Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico (CIDC), financió esta investigación. A los estudiantes del programa de Ingeniería en Telecomunicaciones por su colaboración en el desarrollo del proyecto. A las entidades sin ánimo de lucro como: Bogota Mesh, Zoociedad, Lugro Mesh y la Alcaldía Local de Ciudad Bolívar, por su permanente apoyo en este proyecto.

Referencias

- [1] Information Economy Report, United Nations Conference on Trade and Development, 2010. United Nations. Information Economy Report 2010. ICTs, Enterprises and Poverty Alleviation. United Nations Publication, New York and Geneva, 2010
- [2] L. Pedraza, “Redes Inalámbricas de bajo costo, aporte a la minimización de la brecha digital”, *V Congreso de Electrónica, Control y Telecomunicaciones, Universidad Distrital*, Bogotá, junio de 2009.
- [3] I. F. Akyildiz, X. Weilin Wang, *Wireless Mesh Networks*, Wiley, 2009.[En línea]. Disponible en <http://www.ece.gatech.edu/research/labs/bwn/surveys/mesh.pdf>
- [4] A. Abdelaal, y H. Ali, “Community Wireless Networks: Emerging Wireless Commons for Digital Inclusion,” presentado en *The International Symposium on Technology and Society (ISTAS'09)*, Tempe, Arizona, mayo 2009.
- [5] J. Ishmael, S. Bury, P. Dimitrios y N. Race, “Deploying Rural Community Wireless Mesh Networks,” *IEEE Internet Computing*, vol.12, no.4, pp. 22-29, agosto del 2008.

- [6] R. Flickenger. Redes inalámbricas en los países de desarrollo. Tercera edición. Una guía práctica para planificar y construir infraestructuras de telecomunicaciones de bajo costo. Septiembre de 2009. [En línea]. Disponible en <http://issuu.com/fabis/docs/redesinalambricasenlospaisesendesarrollo>
- [7] F. Elianos, G. Plakia, P. Frangoudis y G. Polyzos et al., "Structure and Evolution of A Large-Scale Wireless Community Network," *Proc. 10th IEEE Int'l. Symp. World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM 2009)*, Kos, junio de 2009.
- [8] H. Xia, L. Bertoni, "Diffraction of Cylindrical and Plane Waves by an Array of Absorbing Half-Screens," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 40, no. 2, febrero 1992.
- [9] J. S. Seybold, *Introduction to RF Propagation*. Nueva Jersey: Wiley Publishers, 2005.
- [10] D. Murray, M.W. Dixon y T. Koziniec, "An experimental comparison of routing protocols in multi hop ad hoc networks," *Australasian Telecommunication Networks and Applications Conference*, Auckland, New Zealand ATNAC, 2010.
- [11] G. Mancilla, L. Pedraza, R. Niño y D. Laverde, "Medición de la situación de partida de acceso uso y apropiación de las TIC por parte de hogares de la localidad de Ciudad Bolívar," Rep. Téc., 2010. [En línea]. Disponible en http://www.ciudadbolivarlocalidaddigital.gov.co/home/media/archivos/Informe_de_Gestion_CBLED_Feb_2010.pdf
- [12] L. Pedraza, "Platform of Electronic Marketing for Development of ICTs Applications". *International Conference on Information Society*, Oviedo, noviembre del 2011.
- [13] L. Pedraza, *Redes Inalámbricas Mesh "Caso de estudio: Ciudad Bolívar"*. Bogotá, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2012.