

Redes móviles ad hoc para zonas de recursos limitados

Aplicaciones en m-learning en escuelas rurales

Susana I. Herrera¹, Sergio Rocabado², Adrián Coronel¹, Matías Campos¹

1. Instituto de Investigación en Informática y Sistemas de Información,
Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, Universidad Nacional de Santiago del Estero
sherrera@unse.edu.ar, adriancoronel.87@gmail.com, matias.761@hotmail.com

2. Centro de Investigación y Desarrollo en Informática Aplicada (CIDIA),
Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de Salta
srocabad@cidia.unsa.edu.ar

RESUMEN: Una red móvil ad-hoc o MANET es una colección de nodos inalámbricos móviles que se comunican de manera espontánea y auto organizada constituyendo una red temporal sin la ayuda de ninguna infraestructura preestablecida (como puntos de acceso WiFi o torres de estaciones base celulares con antenas 2G, 3G o 4G) ni administración centralizada. En este trabajo se muestran los resultados del despliegue de una MANET en una zona rural de recursos limitados, que se la integra a la red de infraestructura de una organización (Intranet) utilizando los servicios de la red celular. De esta manera se posibilita el acceso de los nodos ad hoc a recursos de m-learning almacenados en un servidor de la intranet. Esto es muy útil en regiones de recursos limitados, donde los dispositivos móviles representan una alternativa viable por su bajo consumo energético. El trabajo de campo más importante se desarrolló en una escuela del Dpto. Pellegrini de la provincia de Santiago del Estero, en el área Matemática, accediendo a objetos de aprendizaje almacenados en un servidor de recursos m-learning, desde teléfonos celulares sencillos que utilizan tecnología bluetooth. Asimismo se describe el proyecto PROCODAS surgido a partir de la investigación realizada.

1 INTRODUCCIÓN

Este trabajo se desarrolla en el marco del proyecto de investigación *Optimización de la calidad de los Sistemas Móviles mediante la implementación de nuevas arquitecturas, realidad aumentada, técnicas de visualización y redes móviles Ad-Hoc*. Este tiene por objetivo la optimización de las aplicaciones móviles utilizando las tecnologías mencionadas. El equipo de investigación está conformado por docentes y alumnos avanzados del Departamento de Informática de la Facultad de Ciencias Exactas y de la Facultad de Humanidades de la Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE), del Departamento de Sistemas de la Facultad de Tecnologías y Ciencias Aplicadas de la Universidad Nacional de Catamarca (UNCa) y del Departamento de Computación de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de Salta (UNSa).

Los dispositivos móviles constituyen una de las tecnologías más usadas y presentan ventajas en cuanto a su portabilidad y a su sensibilidad al contexto. El aprendizaje mediado por tecnologías móviles se conoce como m-learning (mobile-

learning) y es una de las modalidades preferidas en la actualidad.

En Argentina existen escuelas que se encuentran ubicadas en zonas rurales alejadas de los centros urbanos que no están conectados a la red de energía eléctrica y se abastecen por medio de energías alternativas. La principal fuente de energía en estos establecimientos en la provincia de Santiago del Estero es la energía solar. Pero la capacidad de abastecimiento es limitada, impidiendo que se puedan instalar laboratorios informatizados. La red de telefonía celular, si bien existe, la calidad de la señal es mala.

Dado que la educación es inclusiva (UNESCO, 2009) y se pretende que todos los alumnos del Sistema Educativo Argentino tengan acceso a la sociedad del conocimiento, se considera apropiado introducir estrategias de aprendizaje que involucren tecnologías de la información y de la comunicación (TICs) en estos establecimientos. Los dispositivos móviles se caracterizan por ser instrumentos tecnológicos: a) asequibles a toda la población, inclusive los alumnos de estas zonas, b) de bajo consumo de energía y c) con conexión a Internet a través de las redes de telefonía celular. Esto convierte a los dispositivos móviles

en tecnologías que pueden ser utilizadas en las zonas mencionadas, haciendo posible que los alumnos se nutran de nuevas estrategias de aprendizaje y se reduzca la brecha digital existente entre los alumnos de los centros urbanos y rurales.

Este grupo de investigadores propone como solución a esta problemática el despliegue de Redes Móviles Ad Hoc (MANETs en inglés) en las aulas de estas zonas para implementar estrategias de aprendizajes basadas en dispositivos móviles de bajo consumo energético. Estas redes involucran un equipo móvil con conexión GPRS y celulares con conexión bluetooth. Si bien el proyecto finaliza en el año 2015, ya se obtuvieron conclusiones parciales que realimentan y redireccionan la investigación.

En este sentido, este artículo presenta los resultados obtenidos de la implementación de estrategias de mobile learning (m-learning) del Modo Acceso a la Información (Woodill, 2011) para la enseñanza de la Matemática. Involucra la figura de un Profesor Itinerante que imparte clases de Matemática en un grupo de 4 a 7 escuelas de una determinada zona rural. La experiencia se realizó en el Departamento Pellegrini de la Provincia de Santiago del Estero, cuya ciudad cabecera es Nueva Esperanza. Se trabajó puntualmente con alumnos de 8° año de la Escuela N° 348 Narciso Vera, ubicada en Pozo Nuevo, a 20 km de Nueva Esperanza. En las figuras 1 y 2 se muestran imágenes de dicho establecimiento.



Figura 1. Escuela N° 348, Santiago del Estero.



Figura 2. Energía solar en Escuela N° 348.

2 REDES MÓVILES

Una red móvil ad-hoc o MANET, del inglés Mobile Ad-hoc Networks (IETF, 2013) es una colección de nodos inalámbricos móviles que se comunican de manera espontánea y auto organizada constituyendo una red temporal sin la ayuda de ninguna infraestructura preestablecida (como puntos de acceso WiFi o torres de estaciones base celulares con antenas 2G, 3G o 4G) ni administración centralizada (IEEE, 2013). Una de las principales ventajas de una MANET es la posibilidad de integrarla a una red de infraestructura con diferentes fines, tal como el acceso a aplicaciones y recursos m-learning de una organización desde un dispositivo móvil (De Morais Cordeiro, 2011-a).

El despliegue de las MANETs se puede realizar utilizando alguno de los siguientes estándares de comunicaciones inalámbricas de corto alcance: Bluetooth (IEEE 802.15.1), Ultra-wideband (UWB, IEEE 802.15.3), ZigBee (IEEE 802.15.4) y WiFi (IEEE 802.11) (De Morais Cordeiro, 2011-b).

La integración de la MANET a la red de infraestructura, requiere el uso de alguna de las siguientes tecnologías de red celular: 2G (GSM), 2.5G (GPRS), 3G (UMTS, HSDPA y HSUPA) y 4G (LTE) (De Morais Cordeiro, 2011-a).

3 M-LEARNING

En Argentina, el m-learning se ha convertido en una tendencia vinculada a las propuestas educativas que está siendo estudiado e implementado principalmente en el nivel universitario donde los alumnos cuentan con teléfonos móviles de alta gama (Cukierman, 2007; Cukierman, 2010; Herrera, 2011-a; Herrera, 2011-b; Herrera, 2012; Lion, 2007).

El m-learning se puede presentar en tres modos diferentes, y a su vez cada uno de ellos involucra diversas estrategias de aprendizaje mediadas por tecnologías móviles. Según Woodill, los modos son los siguientes (Woodill, 2011): recuperación de información (Modo 1), recopilación y análisis de información (Modo 2) y comunicación, interacción y colaboración en redes (Modo 3).

Específicamente, esta investigación trata de aportar soluciones a la educación secundaria en zonas desfavorables en las cuales están vigentes los proyectos de itinerancia para garantizar los dos primeros años de secundaria en zonas donde no existen establecimientos educativos de este nivel. Estos proyectos financian la figura de “profesores itinerantes” que dan clases de asignaturas específicas de 1° y 2° año de la secundaria (en este establecimiento continúa

llamándose 8° y 9° según el sistema educativo anterior), en las escuelas primarias de una determinada zona rural, donde 7 de cada 10 escuelas no tienen acceso a la red de distribución de energía eléctrica y utilizan paneles solares o grupos electrógenos para cubrir sus necesidades energéticas.

El profesor itinerante puede utilizar la MANET y el escenario presentado para aplicar estrategias de m-learning. Estas estrategias corresponderían al Modo 1, es decir, los alumnos acceden, mediante los dispositivos móviles que forman parte de la MANET, a objetos de aprendizaje de un área de conocimiento específica.

4 ZONAS RURALES CON ESCASOS RECURSOS: DPTO. PELLEGRINI, SDE.

Santiago del Estero es una de las cuatro provincias del país donde la población rural ha crecido, ubicándose en segundo lugar por la magnitud de dicho incremento. No es de extrañar entonces que, en comparación con las demás provincias, conserve pautas fuertemente rurales en el asentamiento de su población. Esta característica define una dirección específica hacia la cual debe orientarse la elaboración y puesta en práctica de políticas sociales que se tornan, por esta razón, más complejas en su diseño y costosas en su implementación. En este caso, se plantea el diseño de infraestructura de redes móvil que permiten el acceso a diversos servicios a través de Internet, particularmente la educación.

La provincia de Santiago del Estero está dividida en 27 departamentos. En base a los datos del CNP 2001, 9 de esos departamentos poseen más del 75% de población rural. Son los departamentos más pobres, sin actividades agropecuarias dinámicas con proyecciones urbanas, condicionadas por limitantes climáticas o escasez de riego para desarrollar una actividad primaria de subsistencia (cría de ganado menor, agricultura de minifundio). Entre ellos está el Dpto. Pellegrini.

Científicos de la UNSE han realizado un estudio en el ámbito del Proyecto *Determinantes del Desarrollo en Áreas Rurales (CICYT-UNSE)*, cuyos autores son Ramón Díaz y Natividad Nassif. Este estudio pone de manifiesto que existen cinco departamentos que reúnen tanto una masa de población rural importante, como una situación delicada de privación de servicios básicos: Pellegrini, Jiménez, Moreno, Copo y JF Ibarra.

Los hogares en áreas rurales tienen la particularidad de estar en su mayoría diseminados

en pequeños parajes de menos de 500 habitantes y en áreas rurales dispersas. Siendo el aislamiento una barrera a superar para facilitar la comunicación entre los pobladores y la accesibilidad de ellos a los servicios. Esta característica define un territorio en el que la pobreza rural se fortalece por el aislamiento y el aumento de las desigualdades con las poblaciones que residen en áreas más urbanizadas. La falta de conexión a la red de provisión de energía eléctrica es una limitante para el progreso y desarrollo de estos pobladores.

En las últimas tres décadas las mediciones de los hogares con Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), en Santiago del Estero muestran significativas variaciones, mejorando en los últimos años. No obstante ello, ocupa el cuarto lugar de provincias con mayores índices de NBI después de Formosa, Chaco y Salta. De los 27 Departamentos de la provincia, 14 tienen más del 40% de los hogares con NBI, siendo los más afectados los Departamentos Figueroa, Mitre, Alberdi, Juan Felipe Ibarra, Avellaneda, Jiménez, Pellegrini y Salavina. La ruralidad aparece asociada a la pobreza por NBI.

Respecto al Índice de Privación Material de los Hogares (IPMH), la provincia de Santiago del Estero es una de las tres provincias junto con Chaco y Formosa con mayor incidencia de pobreza sobre el total de hogares (El 65,0 % tienen algún tipo de Privación). El Dpto. Pellegrini es uno de los 4 departamentos de la provincia que tiene más del 90% de sus hogares con algún tipo de privación.

En síntesis, estos índices permiten distinguir en los hogares pobres de Santiago del Estero, la existencia de fuertes condicionantes, algunos de carácter estructural tales como: jefes de hogar con baja escolaridad y sin seguridad social, condiciones de deterioro en el habitat, una menor proporción de personas que trabajan en relación a la cantidad de miembros que componen el hogar y otras más coyunturales que están asociadas a las características económicas y dinámicas poblacionales de los diferentes Departamentos. Sin dejar de lado la accesibilidad a servicios, la disponibilidad de infraestructura y la capacidad del estado para promocionar estrategias de desarrollo local.

Ante esto, en estas zonas, es importante la cuestión educativa. Los miembros de los hogares pobres asisten a escuelas con bajos niveles de aprendizaje y abandonan tempranamente la educación formal.

En esta propuesta se presenta un estudio tecnológico de redes informáticas que permiten brindar una alternativa educativa que rompe la barrera de la accesibilidad territorial, brindando a

alumnos y docentes la posibilidad de conectarse a Internet para acceder a recursos digitales de aprendizaje. Además, el uso de TICs aumenta la motivación por el estudio y disminuye la diferencia de calidad de aprendizaje entre áreas urbanas y rurales. Acceder a una mejor calidad educativa, contribuye a mejorar los indicadores de pobreza de la zona y mejorar el desarrollo productivo de la región.

5 METODOLOGÍA

Con el propósito de garantizar el correcto funcionamiento de las estrategias de m-learning, manteniendo el rendimiento de una MANET dentro de niveles aceptables de eficiencia y sin comprometer recursos limitados en zonas rurales (energía y ancho de banda), se siguieron las siguientes etapas en la experiencia.

- Diseño de recursos educativos de m-learning en Modo 1 para Matemática de 8° año.
- Selección de métricas para medir el rendimiento.
- Selección e instalación de aplicaciones para efectuar las mediciones de rendimiento.
- Medición del rendimiento en los siguientes escenarios: Cliente móvil en zona urbana, cliente móvil en zona rural sin despliegue de MANET y cliente móvil en zona rural con despliegue de MANET.
- Despliegue de la MANET en el establecimiento educativo.
- Desarrollo de clase en aula usando los recursos de m-learning mediante la MANET.
- Recolección cualitativa de información de la experiencia de m-learning, basada en observación participante.
- Comparación de los datos recolectados en los tres escenarios y evaluación de resultados de aprendizaje.

Para llevar adelante el trabajo de campo fue necesario establecer acuerdos institucionales previos entre la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías de la UNSE y los directivos de la Escuela N° 348. Además, fue necesario el traslado de un equipo de investigación desde las ciudades de Santiago del Estero y de Salta hacia la escuela ubicada aproximadamente a 200 km desde ambas ciudades.

6 TRABAJO DE CAMPO

En este trabajo se desplegó una MANET en una zona rural de recursos limitados, y se integró la misma a la red de infraestructura de una organización (Intranet) utilizando los servicios de la red celular. De esta manera, se posibilitó el

acceso de los nodos ad hoc a recursos m-learning almacenados en un servidor de la intranet.

El despliegue y la integración de la MANET se realizaron considerando los siguientes inconvenientes y limitaciones:

- La energía en la zona de despliegue es escasa, lo que dificulta la capacidad de recarga de los dispositivos que forman parte de la MANET.
- Las redes celulares en zonas remotas no brindan servicios de tercera 3G (WCDMA/HSPA) o cuarta generación 4G (LTE), solo se dispone de tecnología de segunda generación 2G (GPRS/EDGE) (ETSI, 2000) que proporciona un ancho de banda limitado y variable.
- La mayor parte de los dispositivos móviles utilizados en zonas rurales son equipos de características básicas y funcionalidades limitadas, que incorporan tecnologías como Bluetooth y 2G en lugar de WiFi y 3G.
- Las MANETs y las redes celulares utilizan un medio compartido (aire) para transmitir los datos y se encuentran expuestas a “ataques” o accesos no autorizados. Se requiere entonces la utilización de canales de comunicación “seguros”.
- La implementación de niveles de seguridad elevados implica un incremento del consumo de ancho de banda y de la energía en los nodos móviles (Ni, 2004).

En la figura 3 se observa la representación gráfica de uno de los escenarios implementados para realizar la experiencia. En el mismo se conecta una MANET, desplegada en zona rural, a una Intranet a través de la red celular. Los dispositivos móviles (nodos) de la MANET se conectan al servidor de recursos m-learning utilizando un canal lógico extremo a extremo. El tráfico entre el nodo móvil y el servidor se gestiona a través de uno de los nodos que actúa como Gateway entre la MANET y la red celular. Este nodo es el encargado de enviar los paquetes de datos hacia los routers de la red celular, desde donde y a través de Internet son direccionados a la intranet para ser entregados al servidor de recursos.

Para la construcción de este escenario de pruebas se eligió: Bluetooth (Bluetooth Special Interest Group, 2001) para el despliegue de la MANET, y GPRS (ETSI, 2000) para la integración a la red de infraestructura. La fundamentación se presenta en un trabajo previo del grupo (Rocabado M., 2012). Para evaluar el rendimiento de la red se eligieron las siguientes métricas: latencia, throughput y consumo de energía.

En primer lugar se realizaron mediciones en zona urbana, utilizando el escenario ilustrado en la

figura 4. A continuación se efectuaron mediciones en zona rural, sobre el escenario presentado en la figura 5. Finalmente se efectuaron mediciones sobre el escenario zona rural con despliegue de MANET, ya descrito anteriormente e ilustrado en la figura 4.

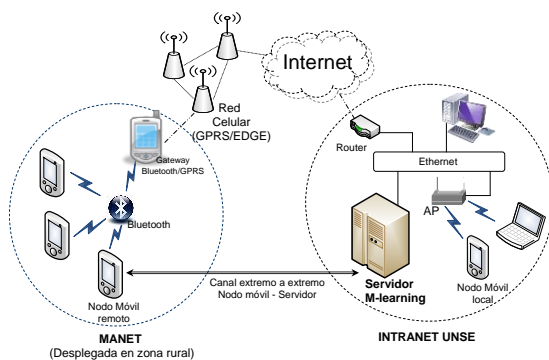


Figura 3. Escenario de prueba en zona rural con despliegue de MANET.

Los resultados obtenidos en las mediciones de rendimiento en zona urbana se tomaron como parámetros de referencia y se compararon con los obtenidos en zonas rurales (con y sin despliegue de MANET). Las desviaciones que surgieron de estas comparaciones, permitieron determinar la factibilidad de la implementación de este tipo de tecnologías en zonas rurales de recursos limitados.

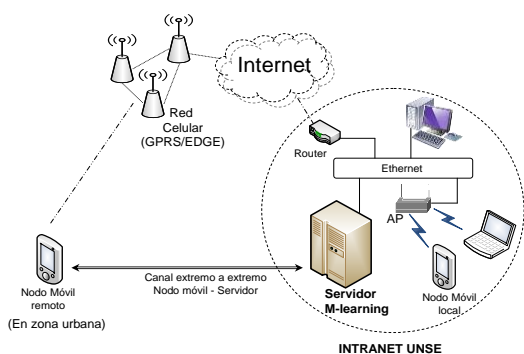


Figura 4. Escenario de prueba en zona urbana.

En los tres escenarios planteados, el canal de comunicación entre el nodo móvil remoto y el servidor de m-learning se implementó sobre el protocolo TCP/IP, en modo no seguro.

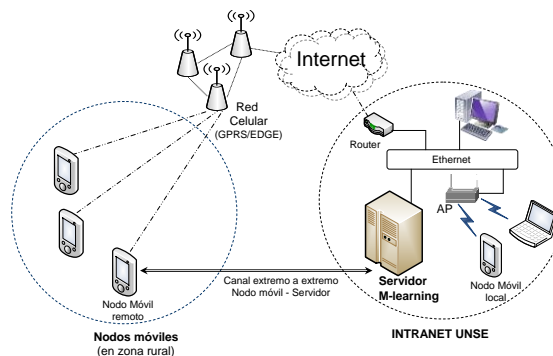


Figura 5. Escenario de prueba en zona rural sin despliegue de MANET.

Se utilizaron los siguientes dispositivos para realizar las pruebas y mediciones:

Nodo móvil remoto	
Samsung I9100 Galaxy S II	
CPU	Dual-core 1.2 GHz Cortex-A9
RAM	1 GB
Batería	Li-Ion 1650 mAh
OS	Android v4.0.4 (Ice Cream Sandwich)
Nodo gateway	
Samsung I9300 Galaxy S III	
CPU	Quad-core 1.4 GHz Cortex-A9
RAM	1 GB
Batería	Li-Ion 2100 mAh
OS	Android 4.1.2 (Jelly Bean)

Las aplicaciones utilizadas para obtener cada una de las métricas de rendimiento se presentan en la tabla 1. WGET es la única aplicación nativa de Android, el resto se descargaron del Market Place de Google y se instalaron en el dispositivo cliente.

Tabla 1: Aplicaciones utilizadas en las mediciones.

Métrica	Aplicación
Latencia ICMP	Ping & DNS (Dittmer, 2013)
Latencia HTTP	HTTTPing (Van Heusden, 2013)
Throughput HTTP	WGET
Consumo de Energía	Powertutor (Zhang, 2010)

La latencia ICMP se midió enviando solicitudes ICMP echo request de 32 bytes de datos utilizando la aplicación Ping & DNS.

La latencia HTTP se midió enviando solicitudes http get de 64 bytes de datos utilizando la aplicación HTTPING.

Se utilizó la aplicación WGET para descargar un contenido m-learning almacenado en el servidor:

GIF animado de 1405 Kbytes utilizado para la clase.

El throughput HTTP se calculó en función del tiempo de descarga y el tamaño del contenido m-learning.

La energía consumida por el dispositivo para descargar el contenido m-learning se midió utilizando la aplicación Powertutor.

Las pruebas se repitieron en diferentes horarios, con el dispositivo remoto inmóvil y en movimiento. Los valores obtenidos se promediaron para generar los resultados presentados en este trabajo. Los mismos se presentan en el apartado 7.

En cuanto a la experiencia de m-learning en la escuela, como se mencionó anteriormente, se desarrolló en el área Matemática para 8° año, con 16 alumnos de ambos sexos, cuyas edades variaban entre 11 y 16 años. De un total de 14 alumnos del curso, 7 poseían teléfonos móviles sencillos (Nokia C2 y Samsung Chat), todos con Bluetooth; y sólo uno de alta gama (Samsung Galaxy Y).

Para realizar la experiencia, se buscó generar recursos digitales de aprendizaje que pudieran implementarse en teléfonos celulares sencillos con tecnología bluetooth, que respondieran además a los contenidos matemáticos que se estaban abordando, como así también al contexto de los alumnos a los cuales estaba dirigido.

Se confeccionaron gif animados con el software Geogebra para la visualización de los contenidos matemáticos:

- Rectas paralelas y perpendiculares, utilizando un objeto conocido por los alumnos como el aljibe, con actividades para que pudieran identificarlas.
- Ángulos y su clasificación en nulo, agudo, recto, obtuso y llano por medio del análisis del movimiento del sol desde el amanecer hasta su puesta.

7 RESULTADOS

En las figuras 6 a 9 se presentan los resultados obtenidos para las métricas utilizadas en cada escenario. En ellas se puede ver lo siguiente:

- La diferencia de latencia (ICMP y HTTP) entre zona urbana y zona rural con y sin MANET es casi de un 50%. Pese a esto, se consideran aceptables los valores obtenidos para latencia en zonas rurales debido a que las diferencias de tiempo son despreciables al estar expresadas en milisegundos (ms).
- El throughput baja considerablemente en zonas rurales, esto se debe a la fluctuación de retardo que introduce la red celular para las

transmisiones TCP/IP. Si bien esto hace que el acceso a los contenidos del servidor m-learning sea lento, los tiempos de espera introducidos por las descargas son admisibles.

- El consumo de energía en zona rural con despliegue de MANET es levemente superior al consumo de energía en zona urbana. El uso de la MANET introduce un consumo adicional de energía aceptable.

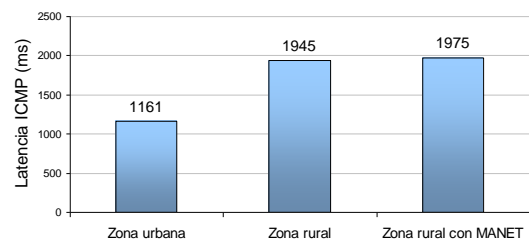


Figura 6. ICMP echo request de 64 bytes.

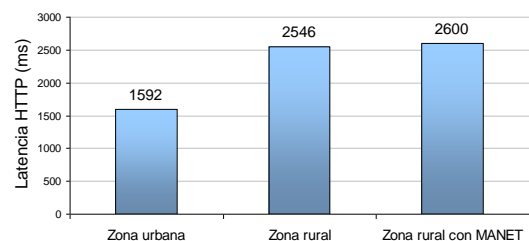


Figura 7. HTTP request de 64 bytes.

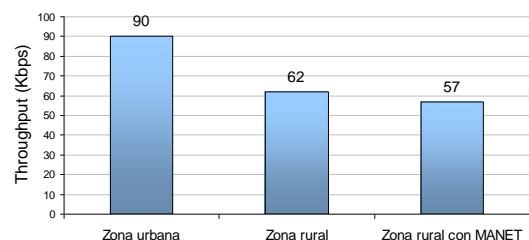


Figura 8. Throughput para la descarga de contenido M-learning.

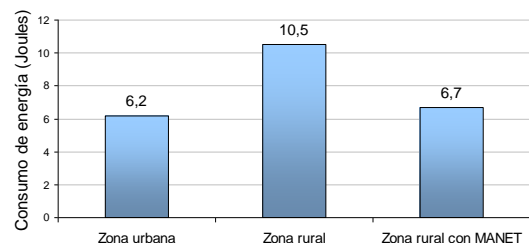


Figura 9. Consumo de energía generado por la descarga de contenido M-learning.

Respecto a los resultados de la experiencia de m-learning, desde el punto de vista del aprendizaje, se considera altamente positivo. El despliegue de

la MANET permitió a los alumnos acceder a los recursos de manera fácil y rápida, en forma transparente; es decir, no fue necesario que los alumnos posean conocimientos de redes sino utilizaron los servicios de telefonía propios de su rutina diaria.

Mayor información sobre los resultados obtenidos en la experiencia de campo se encuentra en Rocabado, Herrera, Morales & Estellés (2013).

8 CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en los experimentos, se puede afirmar que los niveles de rendimiento de la red son aceptables ya que aseguran un funcionamiento correcto de las aplicaciones m-learning y satisfacen las expectativas generadas en el docente itinerante y los alumnos.

Además, se observa que el consumo de energía en el escenario de zona rural sin despliegue de MANET es un 40% superior al de la zona urbana. Debido a que bluetooth tiene un consumo de energía mucho más bajo en relación a otras tecnologías, el despliegue de la MANET en zona rural redujo la diferencia a menos del 10%.

Esto permite concluir que el uso de las MANETs es efectivo y eficiente para el desarrollo de experiencias de m-learning en estas zonas de recursos energéticos limitados.

Respecto a la experiencia desde el punto de vista educativo, los resultados fueron satisfactorios en función de los resultados de aprendizaje de los alumnos y de la respuesta de los profesores y autoridades del establecimiento.

A partir de los resultados exitosos de la experiencia, se elevó una propuesta en la convocatoria de Proyectos de Tecnologías para la Inclusión Social, del Programa Consejo de la Demanda de Actores Sociales (PROCODAS), del Ministerio de Ciencia, Técnica e Innovación Productiva de la Nación. El proyecto se titula *Aprendizaje mediado por dispositivos móviles en zonas rurales con recursos energéticos limitados* y su objetivo general es: Diseñar e implementar nuevas estrategias de enseñanza-aprendizaje para zonas rurales, usando MANETs de bajo consumo y energía solar. Y los objetivos específicos son:

- Analizar y definir los dispositivos de comunicación que permiten desplegar MANETs confiables en las escuelas.
- Definir los requerimientos energéticos que garanticen la carga de dispositivos móviles y de otros artefactos necesarios para el despliegue de MANETs.
- Diseñar un "cargador solar" que se adapte a los requerimientos definidos.

d. Construir los cargadores para el aprovisionamiento de las escuelas.

d. Diseñar los recursos educativos del área Matemática que permitan desarrollar clases con m-learning.

e. Desarrollar clases modelos en los establecimientos, basadas en el despliegue de MANETs y usando los "cargadores solares" provistos.

En el proyecto participan como entidad responsable la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías de la UNSE y como institución científica participa el Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional (INENCO) de la Universidad Nacional de Salta. Los beneficiarios indirectos son los pobladores del Dpto. Pellegrini mientras que los directos son los docentes y alumnos de 3 escuelas de dicho departamento. Actualmente el proyecto ha sido admitido y se encuentra en etapa de evaluación.

En general, se prevén las siguientes líneas para mejorar la implementación de m-learning en estas zonas:

- En relación al uso de gif animados como recursos de aprendizaje, se deben tener en cuenta cuestiones de diseño que permitan su visualización correcta en teléfonos de pantallas pequeñas. Ejemplo: usar fuentes de tamaño grande, no incluir texto.
- Trabajo con investigación en energía solar para hacer posible la carga en los equipos que forman parte de la MANET. Se tiene previsto el uso de paneles fotovoltaicos, de tamaño y peso reducido, que puedan ser transportados por el docente itinerante hasta la escuela rural. Esto se haría dentro del programa PROCODAS.
- Implementar canales de comunicación seguros entre los nodos remotos y el servidor de contenidos. Se deben efectuar mediciones para evaluar el impacto de la seguridad en el rendimiento de la red. El nivel de seguridad elegido no debe comprometer los recursos disponibles.

Una vez lograda la definición de la mejor red que minimice el uso de recursos y resuelva los problemas de seguridad y conectividad, se prevé ofrecer este diseño a las autoridades educativas de las provincias del NOA. Esto permitiría que cuenten con una propuesta de equipamiento que puede ser adquirido, a bajo costo comercialmente, para ser provisto a los profesores itinerantes de cada provincia para la implementación de m-learning en sus clases.

Brindando estas alternativas de usar tecnologías asequibles a todos como recursos de aprendizaje, se contribuye a disminuir la brecha digital existente entre las poblaciones urbanas y las poblaciones rurales con recursos limitados.

Todo ser humano tiene el derecho de acceso a la sociedad del conocimiento (UNESCO, 2011). Aquí se presentó una alternativa viable y no costosa que contribuye a garantizar ese derecho.

9 REFERENCIAS

- Bluetooth Special Interest Group. *Bluetooth Profiles Specification Version 1.1*. Specification of the Bluetooth System, Tomo 2. 2001.
- Cukierman U. y Otros. *Una experiencia de uso de celulares en un curso de articulación escuela media y universidad en modalidad a distancia*. VirtualEduca, Brasil, 2007.
- Cukierman U. & J. Virgili. *La Tecnología educativa al servicio de la educación tecnológica*. UTN, Bs.As., 2010.
- De Morais Cordeiro C. & D. P Agrawal. *Integrating MANETs, WLANs, and Cellular Networks*. En: Ad Hoc and Sensor Networks - Theory and Applications. 2nd Ed. Singapore. World Scientific Publishing. pp. 587-620. ISBN: 978-9814338899. 2011-a.
- De Morais Cordeiro C & D. P. *Wireless PANs*. En su: Ad Hoc and Sensor Networks - Theory and Applications. 2nd Ed. Singapore. World Scientific Publishing. pp. 196-258. ISBN: 978-9814338899. 2011-b.
- Dittmer, U. *Ping & DNS*. Disponible en: www.ulfdittmer.com/android/#pingdns.
- ETSI. *Digital cellular telecommunications system, General Packet Radio Service (GPRS)*, Service description. V7.4.1, 2000.
- Herrera S. I. & M. C. Fennema. *Tecnologías Móviles Aplicadas a la Educación Superior*. Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. La Plata, 2011-a.
- Herrera S. I., J. L. Goñi & M. C. Fennema. *El m-learning en la educación universitaria de posgrado*. Jornadas de Ingeniería del NOA. Catamarca, 2011-b.
- Herrera S. I., M. C. Fennema & C. V. Sanz. *Estrategias de m-learning para la formación de posgrado*. Congreso TE&ET. Pergamino, Buenos Aires, 2012.
- IEEE 802.15 WPAN task 1, <http://www.ieee802.org/15/pub/TG1.html>.
- IETF MANET Active Work Group, <http://tools.ietf.org/wg/manet>.
- Lion C. *Imaginar con Tecnologías: Relaciones entre tecnologías y conocimiento*. Buenos Aires, 2007.
- Ni P. & Z. Li. *Energy cost analysis of IPsec on handheld devices*. Elsevier. 2004.
- Rocabado S., S. I. Herrera, M.I. Morales & C. Estellés. *M-learning en zonas de recursos limitados*. VIII° Congreso TE&ET. ISSN 978-987-28186-0-9. Santiago del Estero, Argentina. Junio 2013.
- Rocabado S., J. Díaz, E. Sánchez & D. Arias Figueroa. *Integración Segura de MANETs, desplegadas en zonas de recursos limitados, a Redes de Infraestructura*. CACIC 2012. Bahía Blanca. 2012.
- UNESCO. *Declaración mundial sobre la educación superior en el siglo XXI: visión y acción*. París, 2009.
- Van Heusden, F. *HTTping for Google Android mobile phones*. Disponible en: www.vanheusden.com/Android/HTTping.
- Woodill, G. *The mobile learning edge*. Ed. Mc Graw Hill, 2011.
- Zhang L. y otros. *Accurate online power estimation and automatic battery behavior based power model generation for smartphones*. 2010 IEEE/ACM/IFIP International Conference on Hardware/ Software Codesign and System Synthesis. Scottsdale, AZ. 2010.