

## M-LEARNING EN ESCUELAS RURALES AISLADAS

**Sergio Rocabado<sup>1</sup>, Adrian Coronel<sup>2</sup>, Matias Campos<sup>2</sup>, Carlos Cadena<sup>3</sup>**

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

2. Instituto de Investigación en Informática y Sistemas de Información (IISI),  
Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, Universidad Nacional de Santiago del Estero  
adriancoronel.87@gmail.com, matias.761@gmail.com

3. Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional (INENCO),  
Universidad Nacional de Salta y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas  
cadenacinenco@gmail.com

### Resumen

En este trabajo se presenta una experiencia de aplicación de estrategias m-learning en una escuela del Dpto. Guasayán de la Provincia de Santiago del Estero. La localidad donde se encuentra ubicada la escuela presenta limitaciones propias de las zonas rurales aisladas, entre otras: cobertura de red celular reducida y carencia de servicio de distribución de energía eléctrica.

Para subsanar estos inconvenientes, se utilizaron dispositivos móviles con recarga basada en energía solar fotovoltaica y tecnologías de comunicación de bajo consumo energético. Además, se desarrolló una aplicación móvil que fue especialmente diseñada para ejecutarse en entornos con limitaciones de ancho de banda y energía.

**Palabras clave:** m-Learning, educación rural, dispositivos móviles, aplicaciones móviles, energía solar fotovoltaica.

### Introducción

En Argentina existen escuelas que se encuentran ubicadas en zonas rurales que no están conectados a la red de energía eléctrica convencional y se abastecen por medio de energías alternativas. Además, la conexión a la red de telefonía celular es de baja calidad.

La principal fuente de energía en estos establecimientos es la energía solar fotovoltaica. Pero la capacidad de abastecimiento es limitada, impidiendo que se puedan instalar laboratorios de computación.

Por su bajo consumo energético y su capacidad de conexión a Internet a través de las redes de telefonía celular, los celulares se convierten en una alternativa tecnológica que puede ser utilizada 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.

En este trabajo se propone como solución a esta problemática el despliegue de Redes Móviles en las aulas de estas zonas para implementar estrategias de aprendizaje m-learning [1] basadas en dispositivos móviles de bajo consumo energético. Estas redes involucran un dispositivo móvil con conexión GPRS y celulares con conexión Bluetooth.

La experiencia se realizó en la localidad de Morón, Depto. Guasayán, provincia de Santiago del Estero, más precisamente en el establecimiento educativo "Agrupamiento 86044". Dicho lugar se encuentra a 15 kilómetros de distancia al noreste de San Pedro de Guasayán (localidad cabecera de este departamento). En la figura 1 se muestra una imagen del establecimiento y en la figura 2 se lo ubica geográficamente, indicando el establecimiento con un círculo rojo.



Figura 1. Establecimiento educativo “86044”



Figura 2. Ubicación geográfica del establecimiento educativo “86044”

cada agrupamiento, quienes gestionan más de cerca los mismos; y profesores que se encargan del dictado de clases.

Los alumnos del agrupamiento conforman dos niveles de aprendizaje, un nivel inicial y un nivel superior. El nivel inicial corresponde al primer y segundo año de la secundaria, mientras que los restantes del tercer al quinto son del ciclo superior.



Figura 3. Aljibe utilizado en el establecimiento educativo “86044”.

Se trata de un establecimiento humilde sin demasiada infraestructura, aunque la mínimamente suficiente para el dictado de clases. No dispone de agua potable ni de corriente eléctrica, por lo que el mismo cuenta con un aljibe (Figura 3) y un panel solar fotovoltaico (Figura 4) para suplir esas necesidades.

Este establecimiento dispone de dos modalidades. Por la mañana funciona una escuela primaria y por las tardes rige la modalidad de secundaria, ésta depende de la coordinación y dirección del colegio agrotécnico número 4, de la localidad de San Pedro de Guasayán. Por lo tanto, la escuela de Morón y otra escuela ubicada en la localidad de Pozo Cavado (a 30 Km. de San Pedro), pertenecientes ambas al departamento Guasayán, son gestionadas por el establecimiento ubicado en San Pedro.

Estos agrupamientos, como así se los llama, disponen para la dirección de una coordinadora, quien establece el nexo entre todas estas instituciones; profesores tutores por



Figura 4. Panel solar fotovoltaico utilizado en el establecimiento educativo “86044”.

Debido a las malas condiciones en las que se encuentra la ruta 10 (camino de tierra que une a la localidad de San Pedro con Morón), no es posible el ingreso de colectivos o automóviles. Por tal motivo, los alumnos utilizan bicicletas y/o motocicletas para llegar a la escuela. De igual manera lo hacen los docentes, ya que los mismos son oriundos de las localidades de Lavalle, San Pedro, Frías y algunos de la capital de Santiago del Estero.

Cabe destacar que la zona tiene cobertura de red celular con tecnología 2G (no se dispone de 3G ni 4G), las empresas que brindan el servicio son Claro y Personal. La antena más

cercana se encuentra a 15 km de distancia, por lo que la señal es baja y el ancho de banda reducido.

## Marco Teórico

### Redes móviles

Una red móvil ad-hoc o MANET (del inglés Mobile Ad-hoc Networks) [2] 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 ni administración centralizada.

Una de las principales ventajas de una MANET es la posibilidad de integrarla a una red de infraestructura, posibilitando el acceso a aplicaciones y recursos m-learning de una organización desde un dispositivo móvil remoto [3] [4].

El despliegue de una MANET se realiza utilizando un estándar para comunicaciones inalámbricas de corto alcance como Bluetooth (IEEE 802.15.1) [5] o WiFi (IEEE 802.11) [6]. La integración de la MANET a la red de infraestructura, requiere el uso de la red celular, utilizando tecnología 2G (GSM/GPRS) [7], 3G (UMTS) o 4G (LTE).

### M-learning

El m-learning se ha convertido en una tendencia vinculada a las propuestas educativas que está siendo estudiada e implementada en colegios secundarios y universidades, donde el acceso a los contenidos educativos se realiza utilizando aplicaciones móviles que ejecutan los alumnos desde sus celulares [8] [9].

Específicamente, esta investigación trata de aportar soluciones a la educación de nivel medio en zonas desfavorables en las cuales están vigentes los proyectos de itinerancia para garantizar los dos primeros años de secundaria.

El profesor itinerante puede utilizar la MANET y el escenario presentado en la Figura 5 para aplicar estrategias de m-learning, posibilitando que los alumnos accedan,

mediante dispositivos móviles que forman parte de la MANET, a contenidos educativos almacenados en un servidor remoto.

### Escenario de trabajo

En la figura 5 se presenta el escenario de trabajo utilizado para realizar la experiencia m-learning en la escuela rural. La finalidad principal es la de proporcionar, a los dispositivos móviles, acceso a un servidor de la red de infraestructura, sin comprometer recursos como el ancho de banda y la energía que son limitados en la zona de despliegue.

Se realizó el despliegue de una red móvil ad hoc (Bluetooth PAN [10]) en la escuela rural y se conectó la misma a la red de infraestructura de la Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE) a través de la red celular (GSM/GPRS [7]). Sobre este escenario se configuraron canales de comunicación extremo a extremo, entre nodos de la MANET (cliente) y el servidor de contenidos m-learning instalado en la red UNSE.

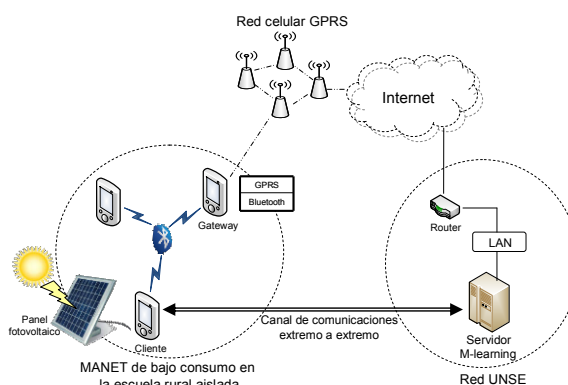


Figura 5. Escenario de trabajo

Dada la inexistencia de energía eléctrica en la zona de despliegue, se utilizó un sistema de energía solar fotovoltaica (Figura 6) para asegurar el suministro de energía a los dispositivos que forman la MANET [11] [12]. Además, los celulares fueron especialmente preparados para minimizar el consumo de batería, se procedió entonces a: desinstalar las aplicaciones no indispensables para su funcionamiento, deshabilitar los dispositivos de hardware no utilizados y habilitar el modo de bajo consumo.

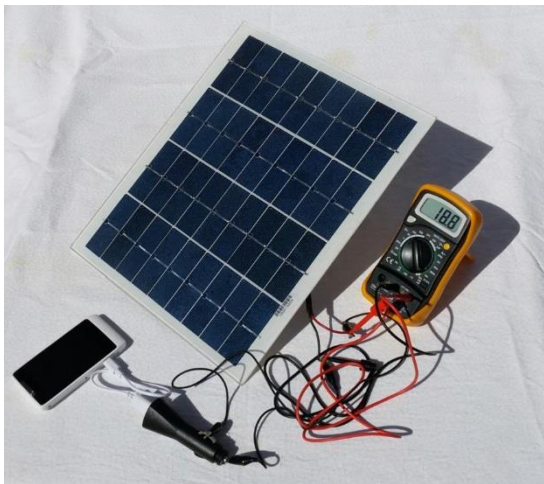


Figura 6. Mini sistema fotovoltaico

Una vez finalizada la configuración del escenario de trabajo, se procedió a instalar en los celulares la aplicación “Apprendiendo”. Se trata de una aplicación desarrollada por los autores de este trabajo que presenta similitudes con el popular juego “Preguntados”, aunque a diferencia de “Preguntados”, “Apprendiendo” solo maneja contenidos de índole educativa. Permite al docente crear cuestionarios sobre un tema específico, los cuales el alumno debe responder siguiendo la modalidad de preguntas de opción múltiple (“multiple choice”). La aplicación está diseñada para ejecutarse en entornos con limitaciones de ancho de banda y energía, por lo cual es bastante sencilla y liviana y el tráfico que se genera entre el nodo cliente y el servidor es muy reducido. Existen dos tipos de usuarios, uno corresponde al diseñador del cuestionario (identificado como el profesor) y otro al jugador (identificado como el alumno).



Figura 7. “Apprendiendo”, login de usuario

En la figura 7 se presenta la pantalla de inicio de la aplicación. Una vez realizado el inicio de sesión, la interfaz de las siguientes pantallas dependerá del tipo de usuario, siendo el

docente quien disponga de una mayor cantidad de opciones.



Figura 8. “Apprendiendo”, modalidad docente

En la figura 8 se observa el entorno interactivo en la modalidad docente, con las opciones para crear y administrar cuestionarios. A modo de ejemplo, en la figura 9 se muestra la creación de un cuestionario.



Figura 9. “Apprendiendo”, creación de un cuestionario

Una vez que los alumnos completan los cuestionarios, el docente puede consultar la tabla de posiciones (Figura 10), para evaluar el nivel de conocimientos que tiene cada alumno sobre el tema del cuestionario.



Figura 10. Resultados del cuestionario

## Desarrollo de la experiencia

La experiencia se realizó con la colaboración de los alumnos del ciclo superior del agrupamiento de Morón. Se contaba con un dispositivo maestro y tres esclavos, por lo que

se armaron grupos de alumnos para cada celular.

El montaje de la experiencia estuvo a cargo de dos integrantes del grupo de investigación con la colaboración de la docente y coordinadora de los agrupamientos: Profesora Eliana Barquino, quién estuvo a cargo del dispositivo maestro y de la creación de los cuestionarios educativos.

En primera instancia, los alumnos fueron instruidos con conocimientos necesarios para el despliegue de una red móvil, más precisamente con el tema de redes y telecomunicaciones (Figura 11).



Figura 11. Capacitación realizada previa a la experiencia.

Seguidamente, se verifico que las baterías de los dispositivos móviles disponibles tengan carga suficiente para completar la experiencia. Se utilizo un mini sistema fotovoltaico para incrementar la carga de aquellos celulares que presentaban un nivel de carga por debajo del requerido (Figura 6).

A continuación, se instruyó a los jóvenes en el armado de la MANET, para lo cual se detalló paso a paso las configuraciones en el dispositivo maestro y en los dispositivos esclavos. Se configuró el celular de la coordinadora como nodo maestro Bluetooth (Gateway) y los celulares de los alumnos como esclavos y se verificó que los equipos de los alumnos tengan acceso a Internet y al servidor m-learning a través de la MANET.

Una vez desplegada la red, se hizo uso de la aplicación “Apprendiendo” (Figura 12), los alumnos respondieron cuestionarios creados

por la coordinadora sobre temas elegidos para la clase de ese día.



Figura 12. Ejecución de la aplicación en el celular de una alumna.

## Resultados de la experiencia

Desde el punto de vista del aprendizaje, consideramos que los resultados de la experiencia de m-learning fueron altamente positivos.

Como se muestra en la figura 13, los alumnos contestaron los cuestionarios en un ambiente ameno y distendido, interactuando permanentemente entre sí y también con la coordinadora. En algunos casos repitieron cuestionarios para superar sus puntajes y acomodarse mejor en la tabla de posiciones.



Figura 13. Actividades realizadas en el aula.

Se resaltan los siguientes aspectos:

- El despliegue de la MANET y la aplicación “Apprendiendo” permitió a los alumnos acceder a los recursos de manera fácil y rápida, utilizando sus propios dispositivos y aprovechando servicios de telefonía celular existentes en su localidad.

- Dado que algunos de los alumnos no poseían celular, se generó un ambiente colaborativo entre los alumnos, de manera que todos pudieron interactuar con la aplicación.
- Los alumnos manifestaron interés en usar artefactos de su entorno habitual (celulares o tablets) como recurso de aprendizaje dentro y fuera del aula.

Al finalizar la experiencia, se les pidió a los participantes completar un cuestionario para evaluar la experiencia, los resultados del mismo fueron muy satisfactorios en términos de: Usabilidad y utilidad de la aplicación, motivación y mejoras en el proceso de aprendizaje.

### Conclusiones y trabajos futuros

De acuerdo a los resultados obtenidos en el trabajo experimental, se puede afirmar que el uso de redes PAN Bluetooth y GPRS asegura un funcionamiento correcto de la aplicación “Aprendiendo” y satisface las expectativas generadas en el docente itinerante y los alumnos.

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 la encuesta realizada, aprendizaje observado en los alumnos y entrevista personal con el coordinador.

Las principales contribuciones de esta propuesta son:

- Mejoras en el proceso de enseñanza aprendizaje en escuelas rurales aisladas, mediante la implementación de estrategias educativas de m-learning.
- Disminución de la brecha digital existente entre establecimientos educativos rurales y establecimientos urbanos.
- Aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica para la recarga de baterías de dispositivos portátiles en escuelas aisladas,

de esta forma los alumnos de estas escuelas no tendrán necesidad de desplazarse a centros urbanos para recargar sus equipos.

- Mejoras en el aprovechamiento de la tecnología disponible, teniendo en cuenta que algunos de los alumnos de estas escuelas son propietarios de equipos celulares que utilizan como reproductores de música o cámaras fotográficas y no como dispositivos de comunicación y/o aprendizaje.
- Incremento de las posibilidades de comunicación de docentes y alumnos de escuelas rurales, permitiendo el acceso a aplicaciones de Internet tales como correo electrónico, mensajería y redes sociales.

Se prevén las siguientes líneas para mejorar la propuesta presentada:

- Mejoras en la aplicación móvil, con base en las sugerencias de docentes y alumnos que participan de la experiencia.
- Aprovechamiento de los resultados de los cuestionarios (almacenados en el servidor). Efectuar un seguimiento del alumno, con la finalidad de detectar los temas en los que requiera apoyo adicional.
- Diseño de sistemas fotovoltaicos, de tamaño y peso reducido, que puedan ser transportados por el docente itinerante hasta la escuela rural.

Al finalizar esta investigación, la propuesta resultante posibilitará a profesores itinerantes de las provincias del NOA implementar estrategias m-learning en sus clases, utilizando aplicaciones móviles de libre distribución y equipamiento portátil (celular y cargador fotovoltaico) que puede ser adquirido comercialmente a bajo costo.

### Referencias

1. SHARPLES, Mike; MILRAD, Marcelo; VAVOULA, Giasemi. (2009). *Mobile Learning Small Devices, Big Issues*. In Springer (Ed.), *Technology-Enhanced Learning: Principles and Products* (pp. 233-249).

2. IETF. *MANET Active Work Group*. <http://tools.ietf.org/wg/manet>
3. ROCABADO, Sergio; SANCHEZ, Ernesto; DIAZ, Javier y ARIAS FIGUEROA, Daniel. (2011). *Integración Segura de MANETs con Limitaciones de Energía a Redes de Infraestructura*. Paper presented at the CACIC 2011, La Plata - Buenos Aires - Argentina. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/18771>
4. CORDEIRO DE MORAIS, Carlos and AGRAWALL Dharma. (2011). Integrating MANETs, WLANs and Cellular Networks. In World Scientific Publishing (Ed.), *Ad Hoc and Sensor Networks - Theory and Applications* (pp. 587-620). Singapore: World Scientific Publishing.
5. SPECIAL INTEREST GROUP (SIG) Bluetooth. (2001). Specification of the Bluetooth System, tomo 2. *Bluetooth Profiles Specification Version 1.1*.
6. IEEE 802.11 Working Group. (Dec. 2005). IEEE Standard for Wireless Local Area Networks. IEEE, New York, USA.
7. ETSI EN 301 344. (2000). *Digital cellular telecommunications system, General Packet Radio Service (GPRS), Service description*. Retrieved from <http://www.etsi.org/index.php/technologies-clusters/technologies/mobile/gprs>
8. Yu-Lin, Jeng; Ting-Ting, Wu. (2010). The Add-on Impact of Mobile Applications in Learning Strategies: A Review Study. *Journal of Educational Technology & Society*, 13(3), pp. 3-11. ISSN 11763647.
9. HERRERA, Susana; SANZ, Cecilia. (2012). *Estrategias de m-learning para la formación de posgrado*. Paper presented at the TEYET 2012, Pergamino - Buenos Aires
10. JOHANSSON, Per. (2001). Bluetooth – an Enabler for Personal Area Networking. *IEEE Network (Ericsson Research)*.
11. ROCABADO, Sergio; CADENA, Carlos. (2015). *Cargadores solares portátiles para el uso de dispositivos móviles en zonas rurales aisladas del noa*. Paper presented at the ASADES 2015, San Rafael - Mendoza
12. ROCABADO, Sergio; CADENA, Carlos. (2016). *Mini sistemas fotovoltaicos para el uso de dispositivos móviles en zonas rurales*. Paper presented at the CBENS - Congreso brasileiro de Energía Solar, Belo Horizonte - Brasil.