

Modelo de red sostenible para educación mediada por TIC en zonas aisladas de la Provincia de Salta

Sergio Rocabado¹, David Gonzalo Romero¹, Ana Muller², Carlos Cadena³

1. Consejo de Investigación Universidad Nacional de Salta (CIUNSa),
Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de Salta
srocabado@di.unsa.edu.ar, gromero@di.unsa.edu.ar

2. Consejo de Investigación Universidad Nacional de Salta (CIUNSa),
Facultad de Humanidades, Universidad Nacional de Salta
mullerana@hum.unsa.edu.ar

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

Con el propósito de contribuir a una educación inclusiva, que no deje de lado a las personas que habitan en zonas remotas, esta propuesta plantea el diseño e implementación de un modelo de red de comunicación que permita el acceso a contenidos educativos digitales a docentes y alumnos de escuelas rurales aisladas de la provincia de Salta. La innovación de esta propuesta recae en el uso de tecnologías de bajo consumo energético, que permiten el aprovechamiento de las energías renovables existentes en la zona de despliegue. En el desarrollo del artículo se definen los componentes de hardware y software de la red y los procedimientos de configuración para desplegar la red “en sitio”. El modelo de red fue utilizado para desarrollar tres experiencias educativas mediadas por TIC en escuelas aisladas, obteniendo resultados ampliamente satisfactorios desde el punto de vista educativo/social.

Palabras clave: Redes, dispositivos móviles, educación, zonas aisladas, energía solar, TIC

1. Introducción

Las zonas rurales aisladas de la provincia de Salta, se caracterizan entre otros aspectos, por su baja densidad demográfica, cobertura de red celular limitada y carencia de servicio de distribución de energía eléctrica.

Generalmente, sus pobladores son personas de bajos recursos económicos y tienen pocas posibilidades de educación en su entorno; se garantiza la educación primaria, pero son escasas las escuelas de nivel educativo medio. En este contexto, el aprendizaje mediado por tecnologías es prácticamente inexistente debido, entre otras razones, al elevado consumo de energía que requieren los equipos computacionales. Esto trae como consecuencia una pronunciada brecha de formación entre pobladores urbanos y rurales [1].

Profundizando en el aspecto social, los hogares en áreas rurales tienen la particularidad de estar en su mayoría diseminados en pequeños parajes de pocos habitantes y en áreas dispersas sin accesibilidad 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 [2].

El sistema educativo cumple con tres funciones básicas en la sociedad: la distribución del conocimiento, la formación de actitudes y valores y, por último, el aporte de capacitación para el mundo del trabajo como instrumento de movilidad social ascendente, definitorio para la inserción al mercado laboral. Pero lamentablemente, los miembros de los hogares pobres asisten a escuelas con bajos niveles de aprendizaje y abandonan tempranamente la educación formal. Esto se profundiza en las áreas rurales, donde los niños y adolescentes

entran a ser parte de la fuerza de trabajo o colaborar en las tareas familiares [3]. Y aún más en las regiones remotas, donde la falta de energía eléctrica y comunicación dificulta el acceso al conocimiento.

Para hacer frente a este déficit, UNICEF replicó un modelo educativo denominado Escuelas Secundarias Rurales Mediadas por TIC [4]. El modelo propone a través de la mediación tecnológica que los y las adolescentes puedan terminar el secundario en sus comunidades, sin tener que trasladarse a centros urbanos. El equipamiento informático utilizado en este modelo educativo, en la mayoría de los casos es proporcionado por el Programa Conectar Igualdad [5], que distribuye computadoras a los estudiantes de secundaria de las escuelas públicas y se propone garantizar el acceso de las y los jóvenes a las nuevas tecnologías [6].

La implementación del modelo educativo de UNICEF se viene ejecutando exitosamente en zonas rurales que se encuentran conectadas al servicio de distribución de energía eléctrica. Sin embargo, no ocurre lo mismo en zonas rurales aisladas, donde la energía disponible es muy reducida y no alcanza para suministrar energía a los equipos computacionales.

Este déficit puede ser subsanado mediante el uso de dispositivos móviles (Celulares y/o Tabletas) y servidores SBC (Single Board Computer), que por su bajo consumo energético respecto de computadoras convencionales, se constituyen en una alternativa viable para ser usada como recurso de aprendizaje, posibilitando a los pobladores de estas zonas el acceso a contenidos educativos digitales.

En este trabajo se presenta un modelo de red que denominamos: “Intranet educativa”, integrada por un servidor SBC donde se alojan los contenidos educativos digitales y dispositivos móviles que utilizan los actores del proceso de aprendizaje para acceder a los contenidos. Estos equipos se interconectan a través de redes inalámbricas. Para aprovechar la energía solar disponible en la zona de despliegue, los equipos que forman parte de la

red, son alimentados utilizando paneles solares fotovoltaicos de tamaño y peso reducido.

El modelo de red propuesto se fundamenta en investigaciones realizadas en zonas remotas de las provincias argentinas de Santiago del Estero y Salta ([7] y [8]), así como también se basa en experiencias de M-learning en Argentina ([9] y [10]) y, finalmente, en otras experiencias de uso de energías alternativas en regiones aisladas en Argentina ([11] y [12]).

La Intranet Educativa fue utilizada para desarrollar experiencias educativas mediadas por TIC en comunidades educativas rurales aisladas de la Provincia de Salta, con la participación de maestros y alumnos. Los resultados alcanzados fueron positivos y altamente significativos desde el punto de vista educativo y social, haciendo posible que los alumnos se nutran de nuevas estrategias de aprendizaje que contribuyen a reducir la brecha digital existente entre los alumnos de centros urbanos y rurales.

2. Modelo de red

A continuación se presenta el modelo de red utilizado para realizar las experiencias.

2.1. Equipamiento y características técnicas

- **Servidor de contenidos (uno)**
- Servidor SBC: Raspberry Pi 2. CPU ARM Cortex-M3.1 Gb de RAM, 128 Gb de SD.
- Sistema Operativo: Raspberry Pi OS (Raspbian).
- Sistema de gestión de aprendizaje (LMS, Learning Management System): Moodle 3.4.
- **Punto de Acceso Inalámbrico o Access Point (AP) WiFi. (uno)**

El AP utilizado se alimenta a través de una interface USB, de esta manera puede ser abastecido por un mini sistema Fotovoltaico.

La red WiFi se configura en modo “no seguro”, de esta forma se evita el consumo adicional de CPU que genera el uso de la encriptación, y en consecuencia se reduce el consumo energético de los dispositivos cuando se comunican a través del AP. [13].

- **Dispositivos móviles (uno por alumno)**

En cada dispositivo se instala el cliente de LMS Moodle, la aplicación Moodle Mobile.

Los celulares fueron especialmente preparados para minimizar el consumo de batería, se procede entonces a: Desinstalar las aplicaciones no indispensables para su funcionamiento, deshabilitar dispositivos de hardware no utilizados en las pruebas, deshabilitar los radios de comunicación no utilizados, configurar el nivel de brillo a “bajo”, desactivar actualizaciones automáticas de Sistema y aplicaciones a través de Google Play y, finalmente, activar el modo bajo consumo.

- **Mini Sistema Fotovoltaico portátil (uno por dispositivo).**

Los componentes del sistema son: un panel solar fotovoltaico de 36 celdas (de tamaño y peso reducido), un regulador de voltaje para carga USB y un cable USB de 2 metros de largo (Figura 1).

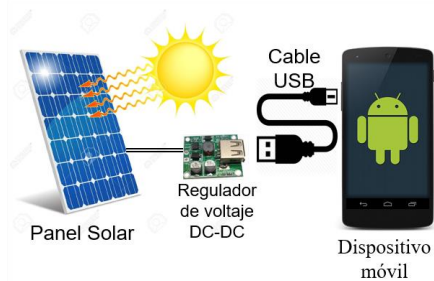


Figura 1: Mini Sistema fotovoltaico

De fábrica los paneles solares vienen configurados con 36 celdas en serie, cada celda con capacidad para generar 0,5V de tensión y 0,58A de corriente. La potencia máxima que estos paneles pueden entregar ($P_{max}=10W$) se consigue cuando trabajan con una corriente de 0,58A y una tensión de 17,4V. La carga de un celular por puerto USB requiere solamente 5 de los 18 voltios que entrega el panel, se desaprovechan entonces 12,4 voltios (Figura 2).

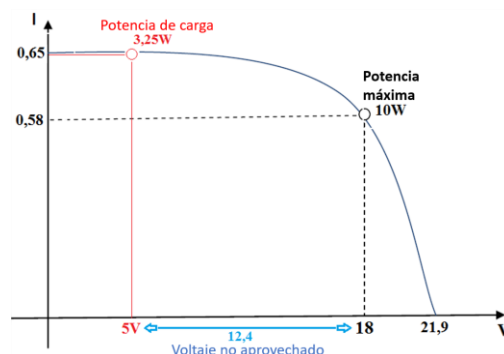


Figura 2: Curva I-V del panel solar sin modificar

Para mejorar este aspecto, los paneles fueron modificados internamente, conectando las celdas de diferente manera: tres filas de doce celdas en serie. Con esta configuración el panel entrega una corriente de 1,74A y una tensión de 6V (Figura 3). Con esta modificación no sólo se aprovecha mejor la energía, sino que al entregar una mayor intensidad de corriente (amperaje), se acelera el tiempo de carga de la batería del celular [14].

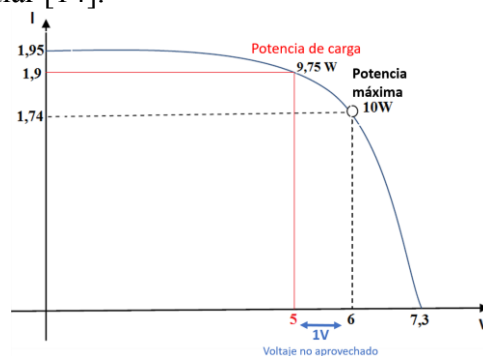


Figura 3: Curva I-V del panel modificado

El mini sistema fotovoltaico no utiliza baterías para acumular carga, transfiere directamente la energía al dispositivo.

2.2. Despliegue

Los dispositivos móviles se conectan al servidor utilizando el escenario de comunicaciones de la Figura 4. En este escenario los equipos de la Intranet se interconectan entre sí a través del Punto de Acceso, utilizando tecnología de comunicación inalámbrica (WiFi). Uno de los dispositivos actúa como servidor SBC (Raspberry pi), en el mismo se instalan los contenidos educativos digitales para que sean accedidos “localmente” desde los dispositivos móviles. Cada dispositivo se conecta por un cable USB al Mini sistema fotovoltaico que le proporciona la

energía necesaria para su funcionamiento. Los paneles solares portátiles deben ser correctamente orientados para mejorar la incidencia de la radiación solar.

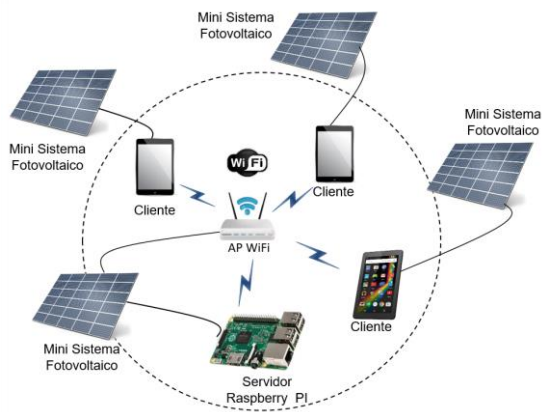


Figura 4. Intranet Educativa

3. Experiencias educativas

3.1. Ámbito de trabajo

Utilizando el modelo de red propuesto en el apartado anterior, se desarrollaron tres experiencias educativas mediadas por TIC en escuelas rurales ubicadas en regiones aisladas de la Provincia de Salta.

Se establecieron los siguientes criterios para la selección de las escuelas:

- Que presente condiciones de aislamiento geográfico y dificultades de acceso.
- Que no esté conectadas al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional.
- Que la zona donde está ubicada, cuente con una elevada radiación solar la mayoría de los días del año
- Que no disponga de acceso a Internet, o el mismo sea muy limitado.

Las escuelas seleccionadas, utilizando como referencia el mapa educativo de las provincias de Argentina [15], fueron:

Escuela	Participantes
Nº 4526 El Rosal	Un maestro y nueve alumnos
Nº 4422 Potrero de Chañi	Una maestra y siete alumnos
Nº 4405 Las Juntas	Una maestra y diez alumnos

En la Figura 5 se ubica geográficamente la región donde se encuentran los establecimientos educativos. En las fotografías

se observa que las escuelas se encuentran en lugares completamente aislados. Los alumnos llegan caminando desde parajes aledaños.

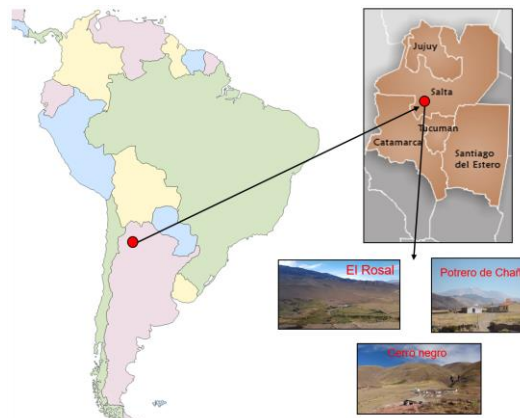


Figura 5: Ubicación geográfica de los establecimientos educativos

3.2. Desarrollo

En este apartado se resume el procedimiento utilizado para desarrollar las experiencias educativas mediadas por TIC en las escuelas seleccionadas. Para garantizar el correcto abastecimiento de energía a los equipos mediante paneles fotovoltaicos, se eligieron días claros y soleados del mes de Noviembre para realizar las experiencias.

3.2.1. Configuración del escenario

En cada escuela se procedió a:

- Realizar una carga previa a la batería de los dispositivos, asegurando que el nivel de carga se encuentre al 50%.
- Instalar los mini sistemas fotovoltaicos, los paneles solares se ubicaron fuera del aula orientados hacia el sur para mejorar la incidencia de la radiación solar.
- Conectar el AP Wi-Fi y el Servidor a un mini sistema fotovoltaico.
- Conectar los dispositivos cliente a un mini sistema fotovoltaico.
- Configurar y conectar los dispositivos servidor y cliente a la red Wi-Fi.
- Crear usuarios para docente y alumnos en la plataforma Moodle.

- Habilitar la opción “servicio web para dispositivos móviles” en la plataforma Moodle.
- Verificar el acceso al servidor Moodle desde los dispositivos móviles, utilizando la aplicación Moodle Mobile.

3.2.2. Preparación de la clase

El docente selecciono los contenidos educativos digitales para su clase y subió los mismos al servidor Moodle. Luego creo un cuestionario virtual con 10 preguntas de opción múltiple en la plataforma Moodle.

Se acordó que el docente que el tiempo asignado para el desarrollo del cuestionario sea de 45 minutos, esto para que ningún alumno se quede sin carga en la batería del celular.

3.2.3. Desarrollo de la clase

El maestro dictó su clase, durante la explicación del profesor no estaba permitido el uso de celulares, al finalizar el docente autorizó el uso de los celulares. Bajo la supervisión del profesor, los alumnos respondieron a las preguntas del cuestionario de opción múltiple, utilizando sus celulares para acceder a contenidos educativos y objetos de aprendizaje alojados en el servidor Moodle (Figura 6).

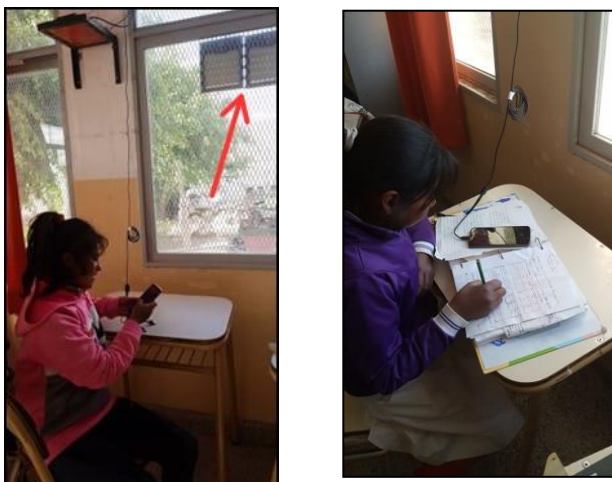


Figura 6: Alumnos utilizando su celular para responder el cuestionario virtual. La flecha roja apunta a los paneles fotovoltaicos que se encuentran fuera del aula.

Una vez que finalizo el tiempo asignado para la resolución del cuestionario, 45 minutos, el profesor revisó los resultados en la plataforma Moodle, informó a cada alumno su nota y

procedió a responder las preguntas del cuestionario en presencia de los alumnos.

3.3. Resultados

El despliegue de la Intranet Educativa permitió a los alumnos acceder a los contenidos digitales de manera fácil, rápida y transparente, de tal forma que no fue necesario que los alumnos posean conocimientos de redes para manejar la aplicación Moodle Mobile.

El uso de la tecnología generó un ambiente de entusiasmo y colaboración. La mayoría de los alumnos tenían experiencia previa en el uso de aplicaciones móviles, ya que son propietarios de celulares. Los alumnos trabajaron interactuando permanentemente entre sí y también con el profesor. Se destaca que todos los alumnos respondieron los cuestionarios dentro de los límites de tiempo establecidos por el profesor y aprobaron el mismo con 6 o más respuestas correctas.

Se realizaron entrevistas al director y a los maestros de los establecimientos educativos. Quienes manifestaron que veían esta tecnología como algo novedoso que motiva a los alumnos y permite mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Además, los maestros que participaron de las experiencias destacaron el ahorro de tiempo generado por el uso cuestionarios virtuales en lugar de los cuestionarios tradicionales.

Al finalizar cada experiencia se verificó el nivel de carga de batería en los dispositivos, en todos los dispositivos estaba por sobre el 50%. Esto significa que la energía entregada por los paneles alcanzó para ejecutar las tareas de la experiencia educativa, el remanente se acumula en la batería de los celulares y puede ser aprovechado para realizar otras actividades mediadas por dispositivos móviles, ya sean educativas o recreativas.

Los miembros de las comunidades educativas (maestros, alumnos y padres de familia) manifestaron interés en el sistema fotovoltaico utilizado para la recarga de las baterías de los dispositivos y en trasladar esta tecnología a sus hogares.

La escuela N° 4526 del paraje El Rosal compró, con financiamiento propio, el equipamiento necesario para montar su propia Intranet Educativa (Servidor SBC, AP, paneles fotovoltaicos, reguladores de voltajes y cables USB). El montaje y despliegue de la Intranet estuvo a cargo del director de la escuela, el profesor Aldo Palacios.

4. Conclusiones

El modelo de red “Intranet Educativa” se constituye en una alternativa que rompe la barrera de la accesibilidad territorial, brindando a alumnos y docentes la posibilidad de acceder a recursos digitales de aprendizaje, sin necesidad de trasladarse a centros urbanos. Además, el uso de las TIC 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.

En las zonas rurales aisladas la instalación de redes eléctricas tiene un elevado costo debido a las dificultades de acceso y al escaso número de pobladores. El equipamiento fotovoltaico presentado apunta a solucionar esta carencia con una propuesta sustentable de bajo costo que aprovecha la energía renovable disponible, se destacan las siguientes características técnicas: trabaja con energía continua evitando el uso de un costoso inversor, minimiza el desperdicio de energía al optimizar la potencia entregada al dispositivo, la portabilidad facilita su traslado a diferentes lugares y permite mejorar el ángulo de incidencia de la radiación solar para incrementar el rendimiento, no contamina el medioambiente ya que no utiliza baterías.

Existe además otra cuestión muy importante y es la de la sostenibilidad. Los mini sistemas fotovoltaicos están diseñados con componentes económicos para que se sustenten con los recursos financieros disponibles en las comunidades educativas. La sostenibilidad es importante, porque las tecnologías y conocimientos que se introducen, sólo tienen éxito si son institucionalmente viables, pueden

reproducirse y son capaces de sobrevivir con apoyo y recursos locales.

La capacitación de los docentes resulta imprescindible para el éxito de la propuesta. Tiene por finalidad asegurar que actúen protagónicamente en la utilización de la tecnología, haciéndose copartícipes de la transferencia de conocimientos. Conviene insistir en este hecho, ya que sin su participación es imposible lograr que esta tecnología pueda ser aprovechada.

Cabe mencionar y destacar la vocación de servicio de los docentes de escuelas rurales aisladas, que en algunos casos tienen que caminar muchas horas para llegar a sus escuelas, donde permanecen aislados durante varios días [16]. El uso de una Intranet Educativa, no solo permite a estos docentes incorporar estrategias educativas mediadas por TIC en sus clases, sino también reducir de manera considerable el equipaje que debe portear hasta la escuela, ya que algunos materiales pueden ser reemplazados por contenidos digitales.

Pese a las condiciones socio económicas y de aislamiento de estas zonas, es sorprendente la cantidad de personas que son dueñas de un dispositivo móvil. Muchos de los celulares son utilizados como reproductores de música o cámaras fotográficas. La aplicación de la tecnología presentada, posibilita que alumnos de escuelas aisladas utilicen sus celulares como recursos de aprendizaje.

El uso de dispositivos móviles en la escuela resulta fundamental para promover el uso de los mismos en zonas rurales aisladas. Las habilidades que adquieran los alumnos en el manejo de los dispositivos pueden ser transmitidas, cuando regresen a sus hogares, al resto de los integrantes de su familia y a los habitantes de parajes vecinos. Asimismo, el uso de paneles de tamaño y peso reducido permite que cada alumno pueda trasladar un panel a su hogar para recargar los celulares de otros integrantes de su núcleo familiar, promoviendo la utilización de energías renovables.

5. Trabajos futuros

El Plan Nacional de Conectividad de Escuelas Rurales de ARSAT conecta a un total de 2959 establecimientos educativos distribuidos en 23 provincias de la República Argentina [17]. Algunas escuelas rurales aisladas de Salta ya cuentan con este servicio. La conectividad en estos establecimientos es satelital, por lo que el ancho de banda es muy reducido (entre 512kbps y 2 Mbps).

El modelo de red presentado, puede ser modificado para aprovechar el acceso a Internet de ARSAT disponible en las escuelas (Figura 5).

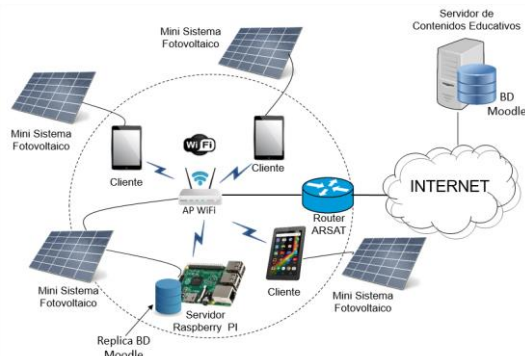


Figura 5. Intranet Educativa con acceso a Internet

En este nuevo modelo los dispositivos de la Intranet tienen acceso a Internet a través del router ARSAT. Esto plantea los siguientes desafíos:

- Analizar si el ancho de banda disponible, alcanza para acceder de manera fluida a los contenidos digitales almacenados en un servidor remoto.
- Estudiar mecanismos que permitan replicar la base de datos Moodle desde el servidor principal al servidor local, utilizando un ancho de banda reducido.

Si se logra replicar la base de datos Moodle, los contenidos podrán ser accedidos localmente, sin depender del ancho de banda o la congestión que tenga el acceso a Internet.

6. Referencias

1. Tedesco, Steinberg y Tófaló. (2015). *Principales resultados de la Encuesta*

Nacional sobre Integración de TIC en la Educación Básica Argentina. Programa TIC y Educación Básica. Informe general. Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF).

2. Olea, Mariana. (2020). *RURALIDAD, SISTEMA EDUCATIVO Y DESIGUALDADES TERRITORIALES: Algunas claves para pensar la educación rural argentina*. Paper presented at the VI Congreso de CEISAL, Universidad de Toulouse- Le Mirail FRANCIA.
3. Herrero, Alejandro. (2021). Una aproximación a las escuelas rurales. La “gran olvidada” del sistema de instrucción pública argentino. *Estudios de filosofía práctica e historia de las ideas*, 23(2).
4. Equipo SRTIC, UNICEF. (2020). *Enseñar y aprender en las Secundarias Rurales mediadas por Tecnologías. Módulos 1, 2 y 3*. UNICEF Argentina. ISBN 978-92-806-5041-9.
5. Poder Ejecutivo Nacional. (2022). Decreto 11/2022: Programa Conectar Igualdad. Retrieved from <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/255979/20220112>
6. Benítez Larghi, Sebastián. (2020). Desafíos de la inclusión digital en Argentina. Una mirada sobre el Programa Conectar Igualdad. *Revista de Ciencias Sociales*, 33, 131-154.
7. Rocabado, Sergio; Cadena, Carlos; Ottavianelli, Emilce. (2018). *Propuesta tecnológica para introducir el aprendizaje mediado por tics en escuelas rurales aisladas del NOA*. Paper presented at the EDUTEC 2018, Lerida - España.
8. Rocabado, Sergio; Cadena, Carlos. (2020). Uso de TIC en comunidades educativas aisladas: Una experiencia pedagógica mediada por dispositivos móviles abastecidos con energía solar fotovoltaica. In UMA (Ed.), *Tecnologías educativas y estrategias*

- didácticas (pp. 552-562). Málaga - España.
9. Lazo, Fernando; Andrés Díaz; Rocabado, Sergio; Herrera, Susana. (2022). *Modelo de Red seguro para M-Learning en cárceles del sistema penitenciario de Argentina*.
 10. Herrera, Susana, & Sanz, Cecilia. (2014). Collaborative m-learning practice using Educ-Mobile. In *International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS)* (pp. 363-370): IEEE.
 11. Cadena Carlos, Javi Veronica, Caso Ricardo (2003). La cocción comunal de alimentos con energía solar: aspectos de la transferencia de equipos. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol 7*.
 12. Cadena Carlos, Javi Veronica, Caso Ricardo (2004). Transferencia de equipos que funcionan con energía solar en el departamento de Iruya. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol 8*.
 13. Rocabado, Sergio; Sanchez, Ernesto; Diaz, Javier y Arias, Daniel. (2013). *Caso de estudio de comunicaciones seguras sobre redes móviles ad hoc*. Paper presented at the CACIC 2013, Mar del Plata - Buenos Aires - Argentina.
<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/31244>
 14. Rocabado, Sergio, & Cadena, Carlos. (2016). *Mini sistemas fotovoltaicos para el uso de dispositivos móviles en zonas rurales: Optimización de la potencia entregada y consumida*. Paper presented at the Congreso Brasileiro de Energía Solar - CBENS 2016.
 15. Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología,. (2018). Mapa Educativo Provincial. Retrieved from <http://mapa.educacion.gob.ar/tag/mapas-provinciales>
 16. Secretaria de prensa de gobierno de Jujuy. (2016). Docente jujeño distinguido a nivel nacional. Retrieved from <http://prensa.jujuy.gob.ar/2016/09/13/docente-jujeno-distinguido-a-nivel-nacional-visito-a-la-ministra-calsina/>
 17. ARSAT. (2022). Conectividad en Escuela Rurales. Retrieved from <https://www.arsat.com.ar/infraestructura-tecnologica/satelital/proyectos/conectividad-en-escuelas-rurales/>